BSB Bayerische StaatsBibliothek
MDZ Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Fischer, Johann Carl,

Geschichte der Physik seit der Wiederherstellung der Künste und Wissenschaften bis auf die neuesten Zeiten

Bd.: 4

Göttingen (1803)

Bibl.Mont. 17-4
urn:nbn:de:bvb:12-bsb10710776-2
VD18 12058645-001

17 Bibl. Mont. 17 - 4

<36603675590017

<36603675590017

Bayer. Staatsbibliothek

Geſchichte

der

Phyſik

ſeit der Wiederherſtellung der Künſte und Wiſſenſchaften bis auf die neueſten Zeiten

von

Johann Carl Fiſcher,

der Philoſophie Prof. zu Jena und verſchied. gelehrten Geſellſchaften Ehrenmitgliede.

Vierter Band.

Mit ſechs Kupfertafeln.

Göttingen,

bey Johann Friedrich Röwer.

1803.

Geſchichte
der
Künſte und Wiſſenſchaften
ſeit der Wiederherſtellung derſelben bis an das Ende
des achtzehnten Jahrhunderts.

Von
einer Geſellſchaft gelehrter Männer
ausgearbeitet.

Achte Abtheilung.
Geſchichte der Naturwiſſenſchaften.
I. Geſchichte der Naturlehre

von
Johann Carl Fiſcher.

Vierter Band.

Göttingen,
bey Johann Friedrich Röwer.
1803.

Bayerische
Staatsbibliothek
München

Zweyte Epoche.

Geſchichte der Phyſik nach den Zeiten Newton's bis auf Prieſtley's Unterſuchungen über die verſchiedenen Gasarten.

Newton's Methode, die Naturgeſetze aus wirklichen Erfahrungen herzuleiten, und von dieſen auf die Grundurſachen der Erſcheinungen in der Körperwelt überzugehen, iſt ohne Zweifel die ſicherſte, die man bey Betrachtung der Natur befolgen kann. Newton wendete ſie mit ſolcher Strenge an, daß er ſich bey ſeinen Unterſuchungen folgende Regeln vorſchrieb, die von ihm Newtoniſche Regeln genannt werden, und von den vorzüglichſten nachfolgenden Phyſikern bey Betrachtung der Natur beobachtet worden ſind:

1. Keine andere Urſachen ſind für wahr zu halten, als die, welche zur ungezwungenſten, einfachſten und verſtändlichſten Erklärung einer Naturbegebenheit nothwendig und hinreichend ſind. Es ſind aber die

Urſachen wahr: a. wenn ſie ſinnlich in der Natur zu erweiſen ſind, und es ausgemacht iſt, daß ſie bey der beobachteten Naturerſcheinung zugegen waren, alle andere Urſachen aber offenbar dabey ausgeſchloſſen werden; b. wenn die Erſcheinung nicht bloß möglicher Weiſe, ſondern offenbar daraus fließt; c. wenn unter abgeänderten Umſtänden eben dieſelbe Urſache auch dieſelben Naturbegebenheiten hervorbringt; d. endlich, wenn bey der Wegnahme der Urſache das Phänomen wegfällt.

2. Wirkungen von einerley Art müſſen auch einerley Urſachen zugeſchrieben werden. Hiebey muß man ſich aber hüten, daß man nicht von der Aehnlichkeit und Uebereinſtimmung gewiſſer Umſtände auf die Identität ihrer Urſachen ſchließt.

3. Diejenigen Eigenſchaften der Körper, welche keiner Abänderung fähig ſind, und welche man bey allen Körpern, mit welchen man Verſuche anſtellen kann, auffindet, ſind für allgemeine Eigenſchaften der Körper zu halten.

4. Die aus den Naturerſcheinungen durch Inductionen geſammleten Sätze ſind, ungeachtet der entgegenſtehenden Hypotheſen, für wahr zu halten, bis ſich andere Eigenſchaften finden, durch welche ſie entweder noch genauer gemacht, oder Ausnahmen unterworfen werden [a]).

Die engliſchen Gelehrten, welche Newton's Zeitgenoſſen waren, haben dieſe Methode nach ſeinem Beyſpiele angenommen, und ſie iſt, wie die Geſchichte innerhalb Newton's Zeitraume beweißt, die Grundlage von einer großen Anzahl vortrefflicher Werke ge-

a) *Newtoni* princ. philoſ. natural. mathem. Lib. III.

geworden, welche damals erſchienen. Die franzöſiſchen Gelehrten hingegen, und ſelbſt der große Leibniz, gaben ſich Mühe, das von Descartes aufgeſtellte Syſtem mit dem größten Nachdruck zu vertheidigen, und obgleich in dieſem abzuhandelnden Zeitraume die franzöſiſchen und deutſchen Gelehrten durch eine vollkommnere Anwendung der Analyſe, als ſie unter den Händen ihrer Erfinder haben konnte, die Naturgeſetze vollſtändiger und genauer entwickelten, als es Newton und ſeine Zeitgenoſſen thun konnten, ſo ſuchten doch immer noch die Meiſten die Grundurſache aller Naturerſcheinungen aus Carteſens Syſtem abzuleiten.

Uebrigens iſt es wohl leicht zu denken, daß eine *ſolche* fruchtbare Anwendung der Mathematik auf die erhabenſten Erſcheinungen in der Natur, wie ſie Newton in ſeinen Principien gemacht hatte, den vorzüglichſten Köpfen die allgemeine Richtung zur Vervollkommnung dieſes wichtigen Gegenſtandes geben mußte. Newton ſelbſt war wegen der Unvollkommenheit der Rechnung des Unendlichen nicht im Stande, die ſchweren Aufgaben, welche die Theorie des Weltſyſtems vorlegt, vollſtändig aufzulöſen, und er war oft genöthigt, bloße Wahrnehmungen zu geben, die immer ungewiß ſind, bis ſie durch eine genaue Rechnung beſtätigt werden. Das Daſeyn des von ihm entdeckten *allgemeinen* Geſetzes der Gravitation hat er vollkommen erwieſen, aber die Entwickelung ſeiner Folgen, und ſeiner Vortheile war das Werk der Nachfolger dieſes großen Geometers. Daher kam es, daß man zuerſt die entdeckte Rechnung des Unendlichen zu einer größern Vollkommenheit bringen mußte, ehe man die durch ſie nunmehr erwieſenen unläugbaren Geſetze aufs

genaueſte beſtimmen konnte. Ueberhaupt war nach Newton's Zeitraume die Vervollkommnung der Theorie des Weltſyſtems und der der optiſchen Wiſſenſchaften, welche mit den Erſcheinungen des Himmels in einer ſo genauen Verbindung ſtehen, und ſich nach dem damaligen Geiſte ſo ſchön mathematiſch bearbeiten ließen, ein vorzüglicher Gegenſtand der Aufmerkſamkeit. Dabey vernachläſſigte man aber, leider! die Chemie, die man auch bereits in ein Syſtem gebracht hatte. Die Verachtung, welche die damaligen Gelehrten gegen die Chemie zeigten, hatte ihren vorzüglichen Grund darin, daß die meiſten Verehrer dieſer Wiſſenſchaft den eitlen Wahn hegten, die unedlen Metalle in edle zu verwandeln, und diejenigen, welche ſich mit der Phyſik beſchäftigten, alle Erſcheinungen der Natur mit Hülfe der Mathematik mechaniſch zu erklären glaubten. Man behandelte, nach Art des Carteſius, die Erklärung der ganzen Welt, wie ein mathematiſches Problem, zu dem die Materie und die Bewegung die einzigen Data waren. Daher kam es, daß in dieſem Zeitraume für die eigentliche Phyſik nichts übrig blieb, als die Lehren von den allgemeinen Eigenſchaften der Körper, von den einfachen Stoffen, wofür man die bekannten vier Elemente der Ariſtoteliker annahm, von der Elektricität, dem Magnetiſmus und den Meteoren. Man ſah ſich genöthigt, die Lükken zwiſchen dieſen wenigen und ſchlecht verbundenen Fragmenten auszufüllen. Hiezu wählte man nun die Gegenſtände der angewandten Mathematik. Auf ſolche Art entſtand eine Wiſſenſchaft, welche außer den genannten phyſikaliſchen Bruchſtücken viel angewandte Mathematik enthielt, mit gänzlichem Ausſchluſſe der beſondern Naturgeſchichte und Chemie. Nach dieſem Plane ſind eine Menge vortrefflicher Lehrbegriffe der

Phy=

Phyſik von Muſſchenbroek, Kraft und Segner, Nollet u. a. in dieſem Zeitraume entſtanden.

Inzwiſchen gab es doch Männer, welche die Chemie mit der Ueberzeugung, daß ſie nicht allein zur Enthüllung der Geheimniſſe der Natur, ſondern auch zum allgemeinen Vortheile der geſammten Menſchheit diene, vollkommener bearbeiteten, und bald nach dieſer Epoche fühlte man das Bedürfniß, ſie mit der damaligen Phyſik ſchweſterlicher zu verbinden. So ging es freylich mit den Fortſchritten in der Phyſik, welche eine bloße Sammlung gehörig geordneter Erfahrungen in ſich begreift, ſehr langſam. Naturgeſetze, welche durch Anwendung der Mathematik beſtimmt werden, konnten frühzeitiger entdeckt werden, als diejenigen, welche in der Miſchung der Beſtandtheile der Körper ihren Grund haben, weil die Mathematik weit eher, als die Chemie, einen gewiſſen Grad der Vollkommenheit erhielt. Nachfolgende Geſchichte wird zeigen, daß gewiſſe in dieſer Epoche gemachte Entdeckungen in der Chemie nöthig waren, wenn die mathematiſchen Phyſiker mit größerer Würde auf ſie herabſehen ſollten.

Erſter Abſchnitt.

Geſchichte in Rückſicht der allgemeinen Phyſik.

Allgemeine Eigenſchaften der Körper.

Newton hatte ſich zwar nicht in das Gebiet der Metaphyſik gewagt, und keine Unterſuchungen über das Weſen der Materie angeſtellt, an verſchiedenen Stellen ſeiner Schriften hat er aber zu erkennen gegeben,

daß die Materie aus völlig untheilbaren Theilchen (Atomen), die mit anziehender Kraft begabt ſind und zwiſchen ſich leere Räume laſſen, zuſammengeſetzt ſey, und daß folglich die Theilbarkeit der Materie ſich bloß bis zu den Atomen erſtrecke. Dieſer Behauptung widerſpricht ſein Landsmann Robert Green[b]), welcher leugnet, daß es einen zerſtreuet leeren Raum gebe, daß die Materie völlig gleichartig ſey, und daß die ungleichartigen Körper von den verſchiedenen Modificationen der gleichartigen Materie, oder von den unendlich verſchiedenen Geſtalten der Atomen abzuleiten ſind; vielmehr ſucht er das Weſen der Materie in anziehenden und zurückſtoßenden Kräften (vires contractivae et expanſivae). Newtons Meynung, daß das Gold, als der dichteſte unter allen uns bekannten Körpern, mehr Zwiſchenräume, als wirklich materielle Theile beſitze, nennt er eine philoſophiſche Tranſubſtantiation, welche die in die Sinne fallende Solidität in einen leeren Raum verwandele. Seinem Urtheile nach giebt es gar keine leeren Zwiſchenräume in den Körpern, ſondern er bemüht ſich, alle Erſcheinungen in der Natur aus einem vollen Raume und aus einer urſprünglich verſchiedenen Materie herzuleiten. Nach ihm liegt die Verſchiedenheit der einen Materie von der andern in einer ihr eigenthümlichen Kraft. Wenn z. B. eine goldene Kugel, welche mit Waſſer völlig angefüllt iſt, ſolches bey der Zuſammendruckung durch ſie läßt, ſo habe man gar nicht nöthig, ſeine Zuflucht zu den Poren des Goldes zu nehmen, ſondern die dem Waſſer eigenthümliche Kraft überwinde die von außen auf ſie wirkende zuſammendruckende Kraft, und ſuche ſich

b) The principles of the philoſophy of the expanſive and contractive Forces etc. Cantabrigiae. 1727. fol.

ſich durch die ſolide Materie des Goldes auf eine ähnliche Art, wie eine ſpitzige Nadel durch ein Papier, einen Ausgang zu verſchaffen. Eben ſo dringen Queckſilber in die Materie des Goldes, Scheidewaſſer in Eiſen, Salze in Waſſer, das Licht durch durchſichtige Körper, und die magnetiſche Materie durch die dichteſten Körper, und gleichwohl erfüllten alle dieſe Materien ihren Raum mit Continuität. Da alſo dieſem Syſteme gemäß alle Räume voll ſind, ſo, ſagt er, würde ſich keine Materie zuſammendrucken laſſen, woſern nicht andere mit geringer inhärirender Kraft in jener eingeſtreuet wäre. Green ſcheint alſo doch die Materie als ſolche für abſolut undurchdringlich anzunehmen, und zu behaupten, daß es keinen Körper *gebe*, welcher ſeinen Raum mit gleichförmiger Materie ſtetig erfüllt; denn dieſer würde ſeiner Meynung nach abſolut undurchdringlich ſeyn, und daher von keiner, ſelbſt unendlichen Kraft, zuſammengedruckt werden können. Er verfällt alſo wirklich in den nämlichen Fehler, wie Carteſius, ob er gleich bemerkt, daß des letztern voller Raum eine Mißgeburt der Einbildung, und von Newton und ſeinen Anhängern völlig widerlegt ſey.

Der Abt Nollet [c]) ſcheint ebenfalls geneigt zu ſeyn, die Materie als eine Zuſammenhäufung von erſten Körperchen (Atomen) anzunehmen, er behandelt aber die Frage, ob die Materie bis ins unendliche theilbar ſey, oder nicht? mit vieler Würde, und ſie verdient daher, hier kürzlich angeführt zu werden. Wenn man, ſagt er, die Theilung der Materie bloß ideell

c) Leçons de phyſique. à Paris. Vol. II. 12. p. 372.

ideell betrachte, ſo ſey es ausgemacht, daß ſie ſich bis ins unendliche theilen laſſe; denn alsdann ſey die Theilung bloß unſerer Vorſtellung überlaſſen, und dieſe habe keine Grenzen, man könne daher theilen, ſo weit man wolle. Aber nun wirſt er folgende Fragen auf; ob die Natur eben ſo reichhaltig, wie unſere Einbildung ſey? Ob man von der Möglichkeit auf die Wirklichkeit ſchließen könne? Ob auch wirklich die kleinſten möglichſt gedenkbaren Theilchen, welche ſich bey der Berührung von einander unterſcheiden ließen, noch getheilt werden könnten? Ob ſie auch, vermöge ihrer Natur, getrennt von einander für ſich exiſtiren könnten? Von allen dieſen, ſagt er, lehre uns die Erfahrung nichts gewiſſes. Endlich geht er auf die Unterſuchung der gewöhnlichen Behauptung der Phyſiker über, ob es wirklich in der Natur untheilbare Theilchen (Atomen) gebe. Er ſcheint zwar dieſer Meynung ſelbſt nicht abgeneigt zu feyn, nimmt ſie aber nicht unbedingt an, weil man ſonſt, ſagt er, beweiſen müßte, daß die abſolute Untheilbarkeit der erſten körperlichen Theilchen das einzige Mittel ſey, deſſen ſich die Gottheit habe bedienen müſſen. Allein unſer Wiſſen wäre viel zu ſehr eingeſchränkt, um dieß einſehen zu können.

Der Herr von Leibnitz hatte durch Einführung der Monaden die Möglichkeit gezeigt, wie ſich das Materielle mit dem Geiſtigen näher vereinigen laſſe. Leibnitzens Monadologie fand zum Theil viele Anhänger, zum Theil aber auch viele andere, welche dieſer Lehre widerſprachen. Da aber doch die Frage, wie die Materie auf unſern Geiſt wirke, von äußerſter Wichtigkeit iſt, ſo gab die königliche Akademie zu Berlin im Jahr 1747 folgende Preisfrage auf: eine genaue Unterſuchung über die Hypotheſe der Monaden anzu-

anzuſtellen, woraus es erhelle, ob dieſe Lehre zur Erklärung der Phänomene im Univerſo völlig hinreichend, oder unzureichend ſey? Dieſe Aufgabe gab zu Bearbeitung verſchiedener Streit-Schriften Gelegenheit. Die erſte hat den berühmten Euler zum Urheber [d]). Seiner Meynung nach wird dem Verlangen der Akademie ein völliges Genüge geleiſtet, wenn er die Eigenſchaften der Monaden zu entwickeln ſuche, und ſeine Unterſuchung geht nun vorzüglich auf folgende beyde Punkte: 1. Die Monadenlehre über den Haufen zu werfen, und 2. eine Trägheitskraft einzuführen, durch welche ſich alle Veränderungen, welche in der Körperwelt vorgehen, erklären laſſen.

Das Irrige in dem Syſteme der Monaden glaubt er aus folgenden Gründen darzuthun:

Die Ausdehnung gebe uns zu erkennen, daß alle Körper aus Theilen zuſammengeſetzt ſind, und daß ſelbſt dieſe Theile wieder in andere zerlegt werden könnten; wenn es alſo Monaden oder einfache Weſen gäbe, aus welchen die Körper zuſammengeſetzt wären, ſo müßte man zuletzt auf ſolche Theile kommen, bey welchen keine Zuſammenſetzung mehr ſtatt finden könne.

Geſetzt alſo, es gäbe wirklich ſolche Theilchen, bey welchen alle Theilbarkeit aufhörte, und welche die Weſen in der Zuſammenſetzung aller Körper ausmachten, ſo müßte man doch zuletzt beſtändig auf die Unterſuchung zurückkommen, auf welchen Gründen die Eigenſchaften dieſer einfachen Weſen beruhten? Die unendliche Kleinheit aber, welche man dieſen Weſen beylegen müſſe, enthalte erſtlich einen Widerſpruch, und

d) Betrachtungen über die Elemente der Körper.

und zweytens ſey eine Zahl, ſie möge endlich oder unendlich seyn, ſolcher einfachen Weſen völlig unfähig, einen Körper zu bilden. Dieß ſey klar in Rückſicht einer endlichen Zahl; mithin auch in Rückſicht einer unendlichen, welches leztere eine unmögliche Sache für ſich ſey, ſo lange man den Körper außer unſerer Vorſtellung entſtehen, und ihm wirkliche Realität geben laſſen wolle.

Wenn man ſage, die Theilbarkeit der Materie erſtrecke ſich bis ins unendliche, ſo geſtehe man nicht allein, daß man bey der Theilung nie auf ſolche Theilchen komme, die nicht mehr getheilt werden könnten, ſondern man läugne ſogar mit ausdrücklichen Worten, daß es dergleichen Theilchen gebe. Wenn aber wirklich ſolche exiſtirten, ſo müßte man vorausſetzen, daß das Unendliche in der Theilbarkeit völlig beſtimmt oder begränzt wäre, dieß widerſpreche aber dem Begriffe des Unendlichen.

Was das Princip, die Trägheitskraft, der Körper betreffe, ſo, ſagt Euler, ſey dieſe eine eben ſo allgemeine Eigenſchaft der Körper, wie die Ausdehnung, ſo daß ohne dieſe Kraft der Körper aufhören würde, ein Körper zu ſeyn. Dieſe Kraft habe ein beſtändiges Beſtreben, Veränderungen in den Körpern hervorzubringen, und ſey dem Weſen der Körper gerade entgegengeſezt; denn da zwey entgegengeſezte Tendenzen nicht zugleich beſtehen könnten, ſo wäre es auch unmöglich, daß ein Körper zugleich eine Kraft beſitzen könne, ſeinen Zuſtand zu erhalten, und eine, ihn zu ändern. Man müſſe alſo im Univerſo zwey ganz von einander verſchiedene exiſtirende Weſen annehmen, wovon das eine die körperlichen Dinge in ſich begreife, deren Beſtimmung in der Kraft beſtehe, ſich in ihrem Zuſtan-

Zuſtande unveränderlich zu erhalten, das andere aber die geiſtigen Subſtanzen enthalte, welche die Kraft beſäßen, ihren Zuſtand beſtändig zu verändern.

Euler bekam viele Gegner, unter welchen der vorzüglichſte der damalige Sekretair der königlichen Akademie zu Berlin Formey °) iſt. Seine Abſicht geht vorzüglich dahin, das Syſtem der Monaden aufrecht zu erhalten, und die Trägheitskraft als eine leere Einbildung darzuſtellen. So lange der Geometer, ſagt er, ſein Feld bebauet, ſo lange ſind ſeine Begriffe ergiebig; ſobald er aber damit in das Gebiet der Metaphyſik übergehe, ſo ſind ſie ganz fruchtlos. Er behauptet, daß ſich eben dadurch Carteſius, und mit ihm *eine* Menge anderer Philoſophen, nicht allein über das Weſen der Körper, ſondern auch über die Natur des Raums, der Bewegung u. ſ. f. getäuſcht hätten.

Nach Formey hat der Ausdruck: unendlich, zweyerley Bedeutungen; es bedeute nämlich erſtlich ein reelles Unendliche, und dann bloß ein ſolches, das wir aus Mangel an Kenntniſſen ſo nennten, oder ſo zu ſagen, ein unbeſtimmtes Etwas, das von uns nicht angegeben werden kann. Das reelle Unendliche faſſe alle Vollkommenheiten im höchſten Grade auf einmal in ſich; das Unendliche in der andern Bedeutung hingegen ſey auf jeder Seite unbeſtimmt. So ſey ein geometriſcher Körper weiter nichts, als eine bloße Ausdehnung von unbeſtimmten Theilen. Dieß finde aber keinesweges in der Natur ſtatt; denn alles, was exiſtire, müſſe allenthalben beſtimmt ſeyn.

Von einem ausgedehnten und zuſammengeſetzten Weſen könne man keinen andern Grund auffinden, als in

c) Recherches ſur les élémens de la matière 1747. 12.

in einfachen und nicht ausgedehnten Weſen, ſo daß man mit den Leibnizianern, um die Möglichkeit der äußern Anſchauung darzuthun, nothwendig auf Grundbeſtimmungen herabgehen müſſe, welche nicht angeſchaut werden könnten.

Was die Trägheitskraft anlange, welche Euler für den Grund aller in der Körperwelt vorgehenden Veränderungen annehmen wolle, ſo würde ſich der Metaphyſiker von ihr eine eben ſo verworrene Vorſtellung machen, als von der Ausdehnung und Bewegung. Ueberdies ſey auch der Gedanke, daß die Trägheitskraft als die letzte Urſache aller in der Körperwelt erfolgenden Erſcheinungen anzuſehen wäre, nichts neues, indem ſchon Newton's Anhänger vielfältig davon geſprochen hätten; er ſey aber eine irrige Folge, welche Newton's Schüler aus dem Begriffe, den letzterer von der Trägheitskraft feſtgeſetzt habe, gezogen hätten.

Nach der Zeit iſt Leibnitzens Monadologie noch vielfältig beſtritten worden, allein nach Kant's Urtheile (Th. III. S. 266.) iſt der Herr von Leibnitz nicht richtig verſtanden worden. Ich übergehe daher alle Gründe, welche für und gegen die Monadologie beygebracht worden ſind, beſonders da dieſe auf die eigentliche Phyſik weiter keinen ſonderlichen Einfluß gehabt hat.

Eine andere über die allgemeinen Eigenſchaften der Körper aufgeſtellte Hypotheſe, welche einiges Anſehen erhalten hat, iſt die des P. Roger Boscovich [f]) zu Bologna. Dieſer ſtellte ſich nämlich vor, daß

f) Philoſophiae naturalis theoria, reducta ad unicam legem virium in natura exiſtentium. 1758 et 1764. in 4.

daß die Uranfänge der Materie untheilbare und aller Ausdehnung beraubte homogene Punkte wären, welche in einem unermeßlich leeren Raume eine ſolche Stellung gegen einander erhalten hätten, daß zwey ſolche Punkte in einer gewiſſen Entfernung von einander ſich befänden, die man bis ins Unendliche vergrößern und vermindern, die aber nie der Null gleich werden oder verſchwinden kann, ſo daß ſich die Theilchen nie unmittelbar zu berühren im Stande wären. Dieſe phyſiſchen untheilbaren Punkte beſäßen eine Trägheitskraft, die ſich völlig leidend verhalte, überdem wären ſie auch mit Kräften der Wirkſamkeit verſehen. Zwey phyſiſche Punkte nämlich ſchienen eine ſolche Beſtimmung zu haben, daß ſie ſich in einer gewiſſen Entfernung von einander anziehen, in einer andern aber zurückſtoßen. Die Größe der Wirkſamkeit ändert ſich mit der Entfernung, ſo daß das Geſetz der Aenderung durch eine Curve oder durch eine algebraiſche Gleichung dargeſtellt werden kann. Dieſem Geſetze zu Folge iſt die Kraft der Wirkſamkeit in ſehr kleinen Entfernungen zurückſtoßend, ſo daß ſie beym unendlich kleinen Abſtande am ſtärkſten iſt. Dieſe Kraft reicht nun zu, ein Theilchen, welches ſich mit einem gewiſſen Grade von Thätigkeit nähern will, zurückzutreiben. In größern Entfernungen erleidet die zurückſtoßende Kraft eine Verminderung, und verwandelt ſich bey einem gewiſſen Abſtande in eine anziehende Kraft, die in größern Entfernungen abermals abnimmt, und ſich endlich wieder in eine zurückſtoßende Kraft umändert, welche bey noch größerm Abſtande abermals abnimmt, und von neuem anziehend wird. Dieſe wechſelsweiſe anziehende und zurückſtoßende Kraft findet mehrere mahl ſtatt, aber nur in unmerklichen Abſtänden. Sobald die Entfernung bemerkbar wird, iſt die anziehende Kraft die ein-

einzige, welche ſtatt hat, und welche auf andere Theilchen in verkehrtem Verhältniſſe des Quadrats ihrer Entfernung wirkt. Dieß Geſetz der Natur nebſt den verſchiedenen Kräften der Materie machen freylich nur eine willkührlich angenommene Hypotheſe aus; allein nach Boscovich's Behauptung beweiſen es eine Reihe von Phänomenen und von andern Wahrnehmungen, welche es deutlich zu erkennen geben. In allen dieſen Fällen wendet er das Geſetz der Stetigkeit an, welches die Alten durch den Ausdruck, daß die Natur nicht ſprungweiſe wirke, kannten, und welches er auf eine ganz eigene Art zu erweiſen ſucht. Er zeigt gegen Leibnitz und andere neuere Philoſophen, daß es vermöge dieſes Geſetzes keinen vollkommen harten Körper in der Natur geben könne, indem eine endliche Kraſt weder plötzlich erzeugt noch auch plötzlich vernichtet werden könne; es könne daher auch beym Stoß der Körper keine mathematiſche Berührung derſelben ſtatt finden. Ueberhaupt wäre es unmöglich, daß irgend eine Aenderung in der Natur durch eine wahre Impulſion erfolgen könne, vielmehr geſchehe dieß durch bloße Kräfte, welche in einer gewiſſen Entfernung von einander wirkten.

Aus dem Satze, daß in ein und demſelben Augenblicke zwey verſchiedene Zuſtände eines Körpers mit ſich nicht beſtehen können, nämlich den einen, welchen er verläßt, und den andern, in welchen er verſetzt wird, leitet er das Geſetz ab, daß in den kleinſten Entfernungen die Kräfte der Theilchen der Materie zurückſtoßend und nicht anziehend ſeyn müſſen, und daß die Curve, welche dieß Geſetz darſtellt, nahe bey dem Urſprunge der Abſciſſen einen Bogen bilde, deſſen Aſymptote die Axe der Abſciſſen iſt. Auf ſolche Art ergiebt

ergiebt ſich eine unendlich kleine Fläche, welche allen möglichen Wirkſamkeiten entſpricht, und durch welche man ihre Erzeugung und ihre Zernichtung beſtimmen kann; denn wenn irgend eine Wirkſamkeit noch zurückbliebe, ſo müßte ſie bey Berührung der Theilchen gegen das Geſetz der Stetigkeit plötzlich verändert und vernichtet werden.

Die gegenſeitige Anziehung aller Körper zeigt ſich alsdenn, wenn ſich die Kraft in den gröſten Entfernungen in wirkliche Anziehung umändert. Es giebt alſo auf der entgegengeſetzten Seite der Axe der Curve einen Bogen, welcher einer Hyperbel von der dritten Ordnung ähnlich iſt, deſſen Ordinate in einem verkehrten Verhältniſſe des Quadrats ihrer Entfernungen ſich befinden, und welcher die anziehenden Kräfte von den repulſiven abſondert. Die Phänomene, beſonders die der Chemie, geben zu erkennen, daß die Abſonderungen der Kräfte und die Theile der Curve von einer Seite der Axe zur andern auf gar verſchiedene Punkte fallen, weil es verſchiedene Arten der Anziehungen und der Zurückſtoßungen giebt.

In den Grenzpunkten der anziehenden und zurückſtoßenden Kräfte ſelbſt iſt die Kraft weder anziehend noch zurückſtoßend; es giebt aber zwey verſchiedene Arten von Grenzpunkten, die eine, bey welcher durch Vergrößerung der Diſtanz die zurückſtoßende Kraft ſich in anziehende umändert, und in dieſen Grenzpunkten halten ſich zwey phyſiſche Punkte in ein und derſelben Entfernung von einander; dieß erklärt das Phänomen der Cohäſion; die andere Art der Grenze iſt diejenige, da bey Verminderung der Diſtanz eine anziehende, und bey der Vermehrung eine zurückſtoßende Kraft ſtatt findet.

Die-

Dieſem Syſteme gemäß kann alſo kein Theilchen einer Materie mit dem andern contiguig ſeyn; daher giebt es auch keine vollkommne mathematiſche Berührung zwiſchen zweyen phyſiſchen Punkten der Materie, weil dieß die zurückſtoßende Kraft verhindert. Ohne eine ſolche Kraft würde eine Durchdringung ſtatt finden, indem ſich zwey phyſiſche Punkte nicht anders berühren können, als indem ſie ſich durchdringen.

Die phyſiſchen Punkte müſſen wegen der Einfachheit der Natur völlig homogen ſeyn. Ein jeder Körper iſt aus einer endlichen Anzahl von ſolchen Punkten zuſammengeſetzt, welches die Schwierigkeit, die man ſich über die Theilbarkeit der Materie bis ins Unendliche gemacht hat, hebt. Da dieſe Punkte beſtändig in einer gewiſſen Entfernung von einander ſich befinden, ſo bilden ſie eine Ausdehnung, ohne den Raum mit Stetigkeit zu erfüllen. Weil aber der Raum zwiſchen zwey phyſiſchen Punkten nie ſo klein ſeyn kann, daß nicht darin eine viel größere Anzahl von Punkten, als der ganze Körper enthält, geordnet werden könnte, ſo iſt hieraus die Möglichkeit der Zuſammenſetzung der Materie bis ins Unendliche begreiflich.

Aus dieſen angeführten Grundſätzen erklärt nun Boscovich die Undurchdringlichkeit, Geſtalt, Beweglichkeit, und alle in die Sinne fallenden Eigenſchaften der Körper. Es genügt ihm, bloß anzunehmen, daß die phyſiſchen Punkte auf verſchiedene Art zuſammengefügt ſind, indem aus dieſen verſchiedenen Stellungen durch die Kraft der Theilchen verſchiedene Wirkungen hervorgebracht werden.

Boscovich wendet auf dieſe Kräfte die Lehren der Dynamik an. Er beweißt auf eine ſinnreiche Art alle Eigenſchaften der Mittelpunkte des Gleichgewichts,

der

der Gravitation, der Schwingung, des Stoßes, und zeigt überhaupt, daß ſeine Theorie mit keinem Geſetze der Mechanik und mit keiner phyſikaliſchen Entdeckung ſtreite, daß ſie vielmehr eine Menge Erſcheinungen, beſonders an dem Lichte und den durchſichtigen Körpern, leichter, als irgend eine andere Hypotheſe, erkläre.

Ob nun gleich das Syſtem des Boscovich, wie aus der Folge erhellen wird, mit ſich nicht beſtehen kann, ſo hat er doch das nicht unverkennbare Verdienſt, die Mathematik auf eine ſehr einnehmende Art zum erſten Mahl auf die Unterſuchungen aller möglichen Naturerſcheinungen angewandt zu haben. Die Folge hat aber gezeigt, daß mit Hülfe der Mathematik bloß ſolche Naturgeſetze aufs ſtrengſte erwieſen werden können, wobey es bloß auf Quantitäten ankommt, und daß die an ſich vortreffliche Wiſſenſchaft bey Beſtimmung der Qualitäten der Materien wenige Dienſte leiſte.

Gravitation, Schwere, Fall der Körper.

Newton's Schüler hatten ſchon behauptet, daß die Anziehung eine weſentliche Eigenſchaft der Körper ſey. Die Möglichkeit dieſer Behauptung ſuchte auch der Herr von Maupertuis [s]) auf folgende Art darzuthun. Diejenigen, ſagt er, welche die Anziehung für ein metaphyſiſches Ungeheuer anſehen, gleichen dem Pöbel, der alles für unmöglich hält, wovon er noch keinen Begriff gehabt hat, und dabey Dinge überſieht, die ihm eben ſo unbegreiflich ſcheinen würden, wenn er

s) Diſcours ſur les différentes figures des aſtres. à Paris 1732. 8. und in ſein. Oeuvres. à Lyon 1768. 8. T. I. p. 96 ſq.

er ſie nicht täglich vor Augen hätte. Beſitzen nicht, fragt er, die Körper außer den gewöhnlichen weſentlichen Eigenſchaften, der Ausdehnung und der Undurchdringlichkeit, noch dieſe, ſich einander gegenſeitig zu nähern? Kennen wir die Natur des Stoßes, und die Mittheilung der Bewegung beſſer? Müſſen wir nicht dabey eben ſowohl geſtehen, daß es Gott ſey, der nach den zur Erhaltung der Welt geordneten Geſetzen den geſtoßenen Körper in Bewegung kommen, und den ſtoßenden ſeine Bewegung ändern laſſe? Warum ſollten wir denn nicht auch ſagen, es ſey Gott, der nach den geordneten Geſetzen dieſes Beſtreben nach Annäherung ſtatt finden, und daraus Bewegung entſtehen laſſe? So liege in dem Satze, daß die Anziehung weſentlich ſey, keine metaphyſiſche Unmöglichkeit. Es wäre lächerlich, den Körpern andere Eigenſchaften beyzulegen, als welche die Erfahrung lehre; allein es ſey vielleicht noch lächerlicher, aus der geringen Anzahl von Eigenſchaften, die wir noch kaum an ihnen kennten, dogmatiſch über die Unmöglichkeit jeder andern Eigenſchaft zu entſcheiden; gerade als ob wir den Maaßſtab für die Fähigkeiten der Gegenſtände hätten, von welchen uns doch weiter nichts bekannt ſey, als eine geringe Anzahl Eigenſchaften.

Unter andern unbeträchtlichen Einwürfen, welche dem Newtoniſchen Syſteme gemacht worden ſind, hat vorzüglich Johann Bernoulli h) folgenden gegen das Geſetz der Gravitation ſelbſt gerichtet: die Dichtigkeit oder Menge der Strahlen, welche von dem anziehenden Körper ausgehen, und ein Elementartheilchen der Materie ergreifen, muß nach der Maſſe derſel-

h) Nouvelle phyſique coeleſte §. 42. in Opp. Lauſ. et Genev. 1742. 4. T. III. p. 299.

ſelben, nicht nach der Oberfläche geſchätzt werden; daraus folgt, daß die anziehende Kraft abnehmen müſſe, wie der Würfel, nicht aber wie das Quadrat der Entfernung zunimmt, woraus ſich leicht folgern läßt, daß die ganzen Maſſen der Planeten nach eben dieſem Geſetze gegen die Sonne gravitiren müſſen. — Allein dieſer Einwurf beruht auf der ganz falſchen Vorſtellung, daß die Gravitation Wirkung eines Ausfluſſes ſey, welcher ſich in Geſtalt von Strahlen um einen Mittelpunkt verbreitet. —

Newton's Syſtem erhielt endlich vorzüglich durch die franzöſiſchen Gelehrten einen ſo feſten Grund, daß es nach der Zeit mit keinen erheblichen Gründen beſtritten worden iſt. Nur einige Franzoſen hatten ſich Mühe gegeben, durch betrügeriſche Verſuche mit dem Pendel in der Höhe darzuthun, daß die Schwere in der Höhe größer, als am Fuße der Berge ſey. Im Monat Juni des Jahrs 1769 erſchien nämlich im Journal des beaux arts et des ſciences ein Brief aus Faucigny, in welchem ein gewiſſer Couttaud, der ſich ancien profeſſeur à Turin unterzeichnet hatte, verſichert, durch wiederholte Verſuche in daſigen Gebirgen gefunden zu haben, daß das Pendel in einer Höhe von 1085 Toiſen dem am tiefern Stande binnen zwey Monaten um 27 Minuten 20 Sek. vorgeeilt ſey, welches folglich in der Höhe eine größere Schwere, als in niedrigern Gegenden anzeigte. Aus dieſem Verſuche, welchen er das Grab der Anziehung und ihrer Geſetze nannte, berechnete er, daß die Schwere im Verhältniſſe der Entfernung von der Erde zunehmen müſſe, worauf der P. Bertier ein eigenes der Newtoniſchen Theorie entgegengeſetztes Syſtem aufſtellte. Im Dec. 1771 folgte ein zweyter Brief

von einem gewiſſen Mercier in Sitten an Herrn Gesner in Zürch, welcher eben dieß durch neue Verſuche beſtätigte. D'Alembert bewieß hieraus ſchon, daß es in gebirgigen Gegenden gewiſſe Stellen geben könne, an welchen das Pendel, ſelbſt nach Newton's Theorie, in der Höhe ſchneller als unten ſchwingen müſſe. Bey genauerer Unterſuchung fand ſich aber, daß das ganze Vorgeben nichts weiter als ein Betrug ſey, daß die Verſuche nie angeſtellt worden ſind, und ſich weder ein Profeſſor Couttaud in Turin noch ein Mercier in Sitten befinde. Die Geſchichte hievon wird von de Lüc, welcher den Betrug mit entdecken half, umſtändlich erzählt [i]).

Newton hat nun zwar das Geſetz der Gravitation allgemein bewieſen, die Folgen daraus aber nicht vollſtändig herleiten können. Hieran war zum Theil ſeine ſynthetiſche Methode, in welcher er nach Art der Alten ſeine Theorie vortrug, zum Theil aber auch die Unvollkommenheit der damals erſt entdeckten Rechnung des Unendlichen Schuld. Nachdem aber ſeine Nachfolger die Analyſis mit unglaublich ſchnellen Fortſchritten erweiterten, und den glücklichen Gedanken gehabt hatten, ſie auf die himmliſchen Bewegungen anzuwenden, und dieſe auf Differenzialgleichungen zu bringen, ſo gelang es ihnen, alle bekannten Erſcheinungen des Weltſyſtems aus dem Geſetze der Schwere zu erklären.

Der erſte, welcher durch Anwendung der Analyſe die Geſetze der Anziehung, auf welchen Newton's ganzes Syſtem beruht, näher unterſuchte, war der Herr von Maupertuis [k]). Er ſagt ganz richtig, daß

i) Briefe über die Geſchichte der Erde. 8. Th. I. Br. 45.

k) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1732.

daß die Attraction keinesweges von der Geſtalt der Kör-
per abhange; ein jeder Theil einer Maſſe beſitze eine
ihr angemeſſene anziehende Kraft, und die Summe der
anziehenden Kräfte aller Theile bleibe in der ganzen
Maſſe die nämliche, ſie möge in ihrer Geſtalt eine
Änderung erleiden, welche ſie wolle. Dies Princip
lehre zwar unläugbar die Erfahrung, es ſey aber
doch nicht in aller Strenge genommen wahr; denn die
Schwere der Körper gegen die Erde hange nicht allein
von der Anziehung derſelben gegen ſie ab, ſondern auch
von derjenigen, welche die Körper gegen die Erde
ausübten, und eben dieſe letztere müſſe nach Verſchie-
denheit der Geſtalt der Körper verſchieden ſeyn, ob
wir gleich bey denjenigen Körpern, mit welchen wir
Erfahrungen anſtellen könnten, auch bey der größten
Veränderung ihrer Form, keinen merklichen Unterſchied
in Rückſicht ihrer Schwere ſinnlich wahrnähmen.

Wenn man ſich ein Atom oder einen ſehr kleinen
Körper auf der verlängerten Axe einer kugelförmigen
Maſſe vorſtellt, und alsdenn dieſe Maſſe in eine kreis-
förmige Fläche verbreitet gedenkt, ſo kann die Anzie-
hung der Materie in beyden Fällen auf den Körper
unendlich verſchieden ſeyn, obgleich die Quantität der
Materie eine und dieſelbe bleibt. Denn wenn die
Entfernung des kleinen Körpers von der kugelförmigen
Maſſe unendlich weit entfernt iſt, ſo wird die Anzie-
hung der Maſſe gerade ſo groß ſeyn, wie die Sum-
me der Anziehungen aller Theile, welche zuſammen
genommen die ganze Maſſe ausmachen. In dieſem
Falle wird es alſo gleich viel ſeyn, ob die Maſſe ihre
kugelförmige Geſtalt behalte, oder ob ſie in eine Kreis-
fläche ausgedehnt ſey, weil ſich alsdenn annehmen läßt,
daß die geſammte Anziehung im Mittelpunkte vereinigt

wäre, und mit ihrer ganzen Stärke auf den kleinen Körper wirkte. Wenn im Gegentheil die Entfernung des kleinen Körpers in Vergleichung mit dem Durchmeſſer der kugelförmigen Maſſe endlich iſt, ſo wird es im allgemeinen nicht wahr ſeyn, daß die Anziehung, welche die Sphäre ausübt, ſich wie ihre Maſſe verhalte.

Indeſſen gebe es doch gewiſſe Geſetze der Anziehung, welche eine ſolche allgemeine Beſtimmung hätten, daß die Größe der Anziehung einer Sphäre und der aus ihr ſich bildenden kreisförmigen Fläche im Verhältniſſe der Menge der Materie ſich befinde. Es ſey merkwürdig, daß, wenn in der Materie das Geſetz der Anziehung des verkehrten Verhältniſſes des Quadrats der Entfernung liege, die ſoliden Sphären, ſo wie die ſphäriſchen Flächen auf Körper, die außer denſelben ſich befänden, eine Anziehung ausübten, welche noch daſſelbe Verhältniß befolge. Inzwiſchen ergäben ſich aus dieſem Geſetze nicht ſo ſonderbare Erſcheinungen, als aus einem andern, das man bloß geometriſch betrachten könne, und nach welchem die Anziehung ſowohl ſolider als hohler Sphären das allgemeine Geſetz der Anziehung viel beſtändiger befolge. Vermöge dieſes Geſetzes werde nicht allein ein Körper, der außerhalb der Sphäre, ſondern auch einer, der innerhalb derſelben ſich befinde, gegen den Mittelpunkt im Verhältniſſe der Entfernung von derſelben angezogen.

Auf dieſe Weiſe würde eine ſo gebildete Sphäre alle Körper außerhalb derſelben in Ellipſen um ſie herumführen, deren Mittelpunkt der Mittelpunkt der Sphäre wäre, und die periodiſchen Umlaufszeiten aller dieſer Körper, in was für einer Entfernung vom Mittelpunkte ſie ſich auch befänden, würden gleich ſeyn. Es würde aber auch dieſe Sphäre dieſelbe Eigenſchaft auf

auf ſolche Körper haben, die innerhalb derſelben geordnet wären. Wenn es keinen Körper gäbe, der in unſerm Sonnenſyſteme den Mittelpunkt einnähme, das ganze Syſtem aber eine ſphäriſche Oberfläche begrenze, deren materielle Theile einander im Verhältniſſe der Entfernungen anzögen, ſo würden ſich alle Planeten in Ellipſen bewegen, und ihre periodiſchen Umlaufszeiten würden gleich ſeyn. Alle dieſe Erſcheinungen fänden aber ſowohl außerhalb als innerhalb derſelben Sphäre ſtatt, ſelbſt alsdenn, wenn die Sphäre allenthalben mit einer ſolchen Materie angefüllt wäre, welche der Bewegung keinen merklichen Widerſtand leiſte.

Uebrigens fügt de Maupertuis noch folgende Bemerkung bey: Wenn Gott gewollt hätte, daß in einem Körper dieſelbe Eigenſchaft erhalten werden ſolle, welche in der Materie verbreitet ſey, die Körper nach allen möglichen Richtungen hin in dem nämlichen Verhältniſſe gleich ſtark anzuziehen; ſo hätte die Anziehung der Theile der Materie ein ſolches Geſetz befolgen müſſen, welches die daraus gebildeten ſphäriſchen Körper befolgten. Hierin glaubt er die vorzügliche Urſache zu finden, warum der Schöpfer das Geſetz des verkehrten Verhältniſſes des Quadrats der Entfernung gewählt habe.

Die Urſache, warum Newton's Syſtem anfänglich ſo wenig Eingang fand, ſetzt Clairaut[1]) vorzüglich darin, daß es von den wenigſten richtig verſtanden, und ſelbſt von ſehr wenigen mit gehöriger Aufmerkſamkeit geleſen würde. Er ſelbſt habe es lange Zeit geprüft, ohne davon eine Ueberzeugung zu erhalten,

1) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. an. 1745.

ten, die es in der That verdiene. Endlich aber habe er ſich an die Unterſuchung gewagt, die himmliſchen Bewegungen aus der einzigen Vorausſetzung der gegenſeitigen Anziehung der Himmelskörper zu beſtimmen. Hier ſahe er ſich nun in die Nothwendigkeit verſeßt, folgendes Problem, welches die Aufgabe von dreyen Körpern genennt wird, zuförderſt aufzulöſen. Es ſind nämlich die Stellungen, Maſſen und Geſchwindigkeiten dreyer Körper gegeben, man ſucht die Curven, welche ſie vermöge ihrer Anziehung gegen einander beſchreiben müſſen, vorausgeſeßt, daß dieſe den Maſſen proportional ſey, und im umgekehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung wirke. Dieſe Aufgabe haben außer Clairaut beynahe mit ihm zu gleicher Zeit die Herrn Euler und d'Alembert zuerſt aufgelößt. Sie fanden übereinſtimmend durch die Theorie der Anziehung die Bewegung der Erdnähe des Mondes um die Hälfte kleiner, als nach den Beobachtungen. Ein ſolches Reſultat, ſagt Clairaut, welches den Newtoniſchen Principien ſo ſehr entgegen wäre, könnte hinreichenden Grund abgeben, Newton's Syſtem zu verlaſſen; allein die Uebereinſtimmung, welche es mit allen andern Phänomenen ſo ſchön zeige, mache es für ihn außerordentlich einnehmend. Er ſchloß vielmehr aus dieſen ſeinen Unterſuchungen, daß das Geſeß der Anziehung nicht ſo einfach ſey, als man bisher geglaubt habe, und daß es aus einer Zuſammenſeßung von zweyen Theilen beſtehe, deren erſterer dem Quadrate der Entfernung umgekehrt proportionirt, und in großen Entfernungen der Planeten von der Sonne allein merklich ſey; der zweyte aber bey abnehmender Entfernung in einem größern Verhältniſſe wachſe, und in der Entfernung des Mondes von der Erde merklich werde. Indeſſen iſt er ſo beſcheiden,

daben

dabey zu bemerken, daß er keinesweges ein neues Geſetz der Anziehung einführen wolle, das keiner beträchtlichen Verbeſſerung bedürfe; vielmehr iſt er überzeugt, daß mehrere Beobachtungen nöthig ſind, um das wahre hiebey ſtatt findende Geſetz aufzufinden. Büffon [m]) griff die von Clairaut gemachte Folgerung ſehr lebhaft an, und ſtützte ſich darauf, daß die urſprünglichen Naturgeſetze, als die einfachſten, nur nach einerley Maaßſtabe abgemeſſen werden könnten, und ihr Ausdruck nicht mehr als ein Glied enthalten könnte. Dieſe richtige Bemerkung eines Metaphyſikers konnte unmöglich mit ganz gleichgültigen Augen angeſehen werden. Sie und viele andere beobachtete Ungleichheiten im Laufe des Mondes gaben daher die Veranlaſſung, daß die Akademie zu Petersburg im Jahr 1749 folgendes Problem als eine Preisaufgabe zur Aufloſung vorlegte: ob alle Ungleichheiten, welche man im Laufe des Mondes bemerke, mit der Newtoniſchen Theorie übereinſtimmten, oder nicht? Clairaut erhielt den Preis. Er fand durch eine fruchtbare Anwendung der Analyſe, daß ſich alle Erſcheinungen, welche damals am Monde bekannt waren, mit hinreichender Genauigkeit aus dem allgemeinen Geſetze der Gravitation herleiten laſſen, nur die Erdnähe des Mondes fand er beſtändig kleiner, als ſie nach den Beobachtungen ſeyn ſollte.

Die Aufgabe von dreyen Körpern hatte indeſſen Gelegenheit gegeben, die Ungleichheiten des Mondslaufs in analytiſche Formeln zu bringen, und Euler beſonders hatte ſie in ſehr geſchmeidigen Ausdrükken angegeben. Man wurde aber ſehr bald überzeugt,

m) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. an. 1745.

zeugt, daß alle dieſe Auflöſungen zum praktiſchen Gebrauche entweder gar nicht, oder doch nur als Näherung anwendbar ſind. Endlich unternahm es Tobias Mayer [n]) in Göttingen, aus Newton's Theorie alle Ungleichheiten im Mondslaufe abzuleiten. Nach verſchiedenen fruchtloſen Unterſuchungen fand er endlich eine Methode, alle Ungleichheiten des Mondslaufs ſo genau zu beſtimmen, daß man den wahren Ort des Mondes für jeden Zeitpunkt bis auf 1 Minute richtig finden kann. Seine Methode iſt zwar nicht bekannt worden, die von ihm daraus berechneten Mondstafeln beweiſen aber, daß Newton's Theorie den ſchwerſten Phänomenen in dem Laufe der Himmelskörper genugthue, und daß folglich das Geſetz der Gravitation ein allgemeines Naturgeſetz ſey.

Auch giebt Herr de la Lande [o]) bereits folgende Phänomene an, von welchen, jedes einzeln betrachtet, hinreichend ſeyn würde, das Daſeyn der Gravitation zu beweiſen, und von welchen an den gehörigen Orten weiter geredet werden ſoll: 1. die Ebbe und Fluth, 2. die Ungleichheiten des Mondslaufs, 3. die Bewegung der Planeten um die Sonne, 4. die elliptiſche Geſtalt aller um die Sonne gehenden Bahnen, 5. das Vorrücken der Nachtgleichen, 6. das Wanken der Erdaxe, 7. die Perturbationen oder Stöhrungen, welche die Planeten in ihrem Laufe durch ihre wechſelſeitige Einwirkung leiden, 8. die Ungleichheiten des Laufs der Kometen, 9. die abgeplattete Geſtalt der Erde und des Jupiters, 10. die anziehende Kraft der Berge gegen das Pendel, 11. eine kleine Aenderung

n) Commentar. ſociet. regiae ſcient. Goetting. T. II. Goetting. 1752 4 p. 383 ſqq.

o) Aſtronomie. Paris 1764. 2 Quartbände.

rung der Breite der Fixſterne wegen der Gravitation der Erde gegen den Jupiter, 12. das Abnehmen der Schieſe der Ekliptik, 13. die Bewegung der Apſidenlinien aller Planeten, 14. die Bewegung aller Knotenlinien, 15. die Ungleichheiten des Laufs der Jupitersmonde.

Inzwiſchen waren die meiſten Naturforſcher und Aſtronomen dieſes Zeitraums noch Anhänger von Carteſens Syſteme, und ſuchten alle Erſcheinungen der Himmelsbewegungen durch eine ſchwermachende Materie zu erklären, wobey ſie zugleich, da ſie das Daſeyn des allgemeinen Geſetzes der Gravitation nicht mehr läugnen konnten, auf dieſes Geſetz mit Rückſicht nahmen. Man konnte nicht begreifen, daß die im Syſteme geordneten Körper ohne Zwiſchenmittel auf einander zu wirken im Stande wären. Im Syſteme der Anziehung könne man gar keinen Grund angeben, warum ſich alle Himmelskörper von Abend gegen Morgen um die Sonne bewegten, und warum ein jeder Körper für ſich eben ſo um ſeine Axe ſich drehte; eine ſolche Bewegung im leeren Raume ſey unmöglich, indem kein unmittelbarer Antrieb zu gedenken ſey und ſtatt finden könne.

Der Herr von Mairan [p]) ſuchte die Wirbel auf dieſe Art aufrecht zu halten: er nahm zwey Vorausſetzungen an, aus welchen er alle Bewegungen der Himmelskörper und die Schwere der Körper zu erklären ſucht, und welche er für völlig erwieſen hält: 1. die Körper, welche an irgend einem Orte im Sonnenwirbel ihre Stellung hätten, wären gegen einen gewiſſen Centralpunkt, z. B. gegen die Sonne, und zwar

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1729.

zwar im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats ihrer Entfernung ſchwer, ſo daß derſelbe Theil einer Materie in verſchiedenen Stellungen und Entfernungen in demſelben Verhältniſſe ſchwer ſey. Dieß finde aber nicht allein im Sonnenwirbel, ſondern auch in allen übrigen der Hauptplaneten und den ihnen zugehörigen beſondern Wirbeln ſtatt. 2. der ſchwerſte Theil irgend eines Körpers, welcher in der flüſſigen Materie ſchwimme, werde dahin getrieben, wo die flüſſige Materie ausgehe, und der leichteſte Theil dahin, wo die flüſſige Materie ſich hinbewege.

De Moliers[q]) behauptet, daß Carteſens drey Elemente mit ſich nicht beſtehen könnten, weil die Theile des erſten Elements ſo fein wären, daß ſie ſehr bald ihre anfänglich erhaltene Geſchwindigkeit durch Mittheilung mit den beyden übrigen gröbern Elementen ganz und gar verlieren würden. Dafür ſetzt er den Aether, eine überaus feine und elaſtiſche Materie, welche aus kleinen Wirbeln zuſammengeſetzt iſt, das ganze Univerſum in Bewegung verſetzt, und die ſchweren Körper wegen ſeines unendlich kleinen Widerſtandes nicht merklich ſtört. Hieraus erklärt er die Schwere der Erdkörper auf folgende Art: der feſte Körper, deſſen Theile ſo nahe an einander ſind, daß ſie ſich in keinem Wirbel bewegen können, läuft um die Erde, welche einen großen Wirbel bildet, eben ſo geſchwind herum, als das Volumen eines kleinen Wirbels, deſſen Stelle er einnimmt. Aber die Kraft, mit welcher ſich der Körper vom Mittelpunkte der Erde zu entfernen ſtrebt, iſt das Mittel von derjenigen, womit ein gleiches Volumen des Wirbels ſich von ſelbiger entfernen will, weil der kleinere Wirbel außer der allge-

q) Leçons de phyſique. à Paris 1733. 12.

allgemeinen Kraſt des großen Wirbels noch die ſeiner kleinern Theile beſitzt, welche ſich vom Mittelpunkte der Erde zu entfernen ſtreben. Die Schwere, mit welcher ſich ein feſter Körper dem großen Wirbel nähern will, iſt im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung vom Mittelpunkte des großen Wirbels, weil die Kraft des kleinern Wirbels wächſt und abnimmt im verkehrten Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen vom Mittelpunkte des Wirbels: die Schwere des Körpers, welche die unmittelbare Wirkung dieſer Kraſt iſt, muß daher in dem nämlichen Verhältniſſe wachſen und abnehmen.

Johann Bernoulli [r]) ſetzt in die Mitte der Erde und jedes Planeten eine Centralſonne, aus welcher die feinſte Materie in geraden Strahlen ausſtrömt, aber in kleinen Flocken, von 3, 4 und mehreren Kügelchen zuſammen, zurückkehrt. Dieſe Flocken bilden einen Centralſtrom; und da ſie wegen ihrer Größe die Körper nicht frey durchdringen können, ſo ſtoßen ſie gegen die kleinſten Theile derſelben an, und treiben dieſe gegen den Mittelpunkt, oder gegen die Centralſonne nieder.

Ich könnte noch eine ſehr große Menge anführen, welche die Bewegungen der Himmelskörper und der Schwere der Erdkörper, nach Carteſens Art, durch den Stoß einer feinen Materie zu erklären verſucht haben; allein ſchon dieſe angeführten Hypotheſen zeigen hinlänglich, wie ängſtlich man ſich bemüht hat, die mechaniſchen Erklärungen des Carteſius beyzubehalten, und mit den Naturgeſetzen zu vereinigen.

Mau-

r) Nouvelle phyſique coeleſte. Oeuv. T. III. n. 146.

Maupertuis ſchließt ſeine Erzählung der carteſianiſchen Syſteme mit folgenden Worten: Man muß geſtehen, daß ſich bisher die Wirbel mit den Phänomenen noch nicht auf eine befriedigende Art haben vereinigen laſſen. Dieß berechtigt jedoch nicht, ſie für unmöglich zu halten. Nichts iſt ſchöner, als Carteſens Gedanke, alles in der Phyſik durch Materie und Bewegung zu erklären; aber wenn dieſer Gedanke ſchön bleiben ſoll, ſo muß man ſich nicht erlauben, Materien und Bewegungen bloß darum anzunehmen, weil man ihrer nöthig hat.

Uebrigens bemerkt Maupertuis ganz richtig, daß die beſondern Anziehungen der Erdkörper gegen einander durch die ſo große Anziehung unſerer Erde ganz unmerklich gemacht werden, wie der leiſeſte Hauch durch den Sturmwind. Indeſſen könnten aber doch dieſe beſondern Anziehungen merklich werden, wenn ſie gegen Körper gerichtet wären, deren Maſſen ein beträchtliches Verhältniß gegen die ganze Erdmaſſe hätten. So hätten Bouguer und de la Condamine gefunden, daß der Berg Chimboraço in Quito nahe am Aequator das am Quadranten hangende Bleyloth gegen ſich von der lothrechten Richtung abgezogen habe. Durch mehrere auf der Nord- und Südſeite des Berges gemeſſene Höhen der Sterne hätten ſie die Abweichung des Bleylothes auf 7″ bis 8″ beſtimmt.

Cohäſion oder Zuſammenhang.

Newton und alle ſeine Anhänger hatten ſehr wohl eingeſehen, daß die Anziehung der Materie in der Ferne von der Anziehung in der Berührung zu unterſcheiden ſey. Auch hatte Keill einige Geſetze der Anziehung in der Berührung bekannt gemacht, und

Freind

Freind dieſelben zur Erklärung der chemiſchen Phänomene und Operationen angewendet; allein man ſahe bald, daß ſie keinesweges befriedigten. Der erſte, welcher nach Newton die Lehre der Cohäſion aus einem ganz andern Geſichtspunkte mit vielem Scharfſinne betrachtete, war Hamberger[s]). Seine Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand machen in der That den Grund aus, auf welchen die nachfolgenden Phyſiker weiter gebauet, und denſelben nur hin und wieder etwas ausgebeſſert haben. Es iſt daher nöthig, ſie etwas umſtändlich zu erzählen.

Unter dem Ausdrucke: Körper cohäriren, verſteht Hamberger eine gegenſeitige Wirkung derſelben ohne Bewegung. Von dieſem allgemeinen Begriffe ſchließt er ſelbſt die Schwere der Erdkörper nicht aus, indem man nicht läugnen könne, daß die Körper mit der Erde vermöge ihrer Schwere cohärirten. In einer engern Bedeutung des Wortes Cohäſion hingegen iſt die Schwere nicht darunter mit begriffen, und allerdings von dieſer verſchieden. Dieſer Unterſchied liegt zum Theil in der Richtung, zum Theil in der gegenſeitigen Einwirkung der ſich berührenden Körper, zum Theil aber auch in beyden zugleich. Daß da, wo eine Cohäſion ſtatt finde, eine gegenſeitige Wirkung zugegen ſey, erhelle daraus, daß man eine äußere Kraft anwenden müſſe, um die Theile der Körper zu trennen.

Körper cohäriren nur alsdenn, wenn ſie ſich in ihren Oberflächen unmittelbar berühren. Dieß beweiſen:

1. die Tropfen aller flüſſigen Materien, welche alsdenn erſt cohäriren, wenn ſie wirklich in Berührung kommen,

2.

s) Elementa phyſices. Jenae 1727. 8. cap. de cohaeſione.

2. die flüſſigen Körper, welche ſich an gewiſſe feſte Körper nur alsdenn anhängen, wenn ſie dieſe berühren, und außerdem noch unendlich viele andere Erfahrungen.

Hiernächſt unterſucht Hamberger die Meynung derjenigen, welche den Grund der Cohäſion in einer flüſſigen Materie ſuchen wollen, die auf diejenigen Theile drucke, die ſich nicht unter einander berührten. Allein er findet ſie völlig unzureichend, daraus die Cohäſion zu erklären. Da nun, ſagt er, die Cohäſion in einer wirklichen gegenſeitigen Wirkung der ſich berührenden Theile beſtehe, dieſe aber eine wirkende Urſache vorausſetze, ſo ſehe man leicht, daß dieſe Urſache nicht außerhalb des Körpers geſucht werden könne, ſondern daß vielmehr die Cohäſion von einer eigenen Kraft der Körper abhange, die nach folgenden Geſetzen wirke:

1. Je größer dieſe Kraft ſey, welche die Elemente oder primitiven Theile beſäßen, deſto größer ſey die Cohäſion.

2. Je mehrere Berührungspunkte vorhanden wären, deſto ſtärker ſey die Cohäſion.

Wenn man alſo die Größe der Cohäſion a priori erforſchen wolle, ſo müſſe man die Kraft der Körper, womit ſie auf einander wirkten, und die Anzahl der Berührungspunkte wiſſen. Es verhielten ſich alſo bey gleichartigen Körpern die Menge der Berührungspunkte, wie die Grundflächen der Körper; bey ungleichartigen Körpern hingegen wachſe bey gleichen Grundflächen die Menge der Berührungspunkte im Verhältniſſe ihrer Dichtigkeiten oder ihrer ſpecifiſchen Gewichte. Hamberger glaubt daher, daß das ſpecifiſche Gewicht der Körper ein Mittel ſey, die größere

oder

oder geringere Kraft derſelben zu erkennen. Hiebey unterſcheidet er aber ganz richtig die Dichtigkeit und das ſpecifiſche Gewicht der Theile von der Dichtigkeit und dem ſpecifiſchen Gewichte des aus dieſen Theilen zuſammengeſetzten Körpers. So ſind z. B. die Theile eines Stück Holzes ſpecifiſch ſchwerer, als Waſſer, und gleichwohl ſchwimmt das Stück Holz auf dem Waſſer. Dieſen Unterſchied müſſe man, ſagt er, bey der Lehre von der Cohäſion ſehr wohl in Acht nehmen. Bey dieſer komme es bloß auf die Berührung der Theilchen der Körper an, und da der dichtere oder ſpecifiſch ſchwerere Körper bey einerley Fläche eine größere Menge von berührenden Theilchen darbiete, die Kraft dieſer Theilchen aber die Stärke der Cohäſion beſtimme, ſo ließe ſich auch hieraus das ſpecifiſche Gewicht derſelben erkennen. Aus dieſen Vorausſetzungen ſucht nun Hamberger einige Geſetze mittelſt der Erfahrung herzuleiten.

Wenn ein Tropfen Waſſer auf einen feſten ſpecifiſch ſchwerern Körper gebracht werde, ſo behalte er ſeine ſphäriſche Geſtalt nicht, ſondern zerfließe auf ſelbigem oder mache ihn naß. Dieß Zerfließen erfolge weit ſchneller, wenn die Oberfläche des feſten Körpers ſchon vorher mit Waſſer etwas feucht gemacht wäre, und es könne unmöglich von dem Gewichte des Waſſertropfens herrühren, indem das Gewicht eines ſolchen Tropfens, der die Größe einer Erbſe nicht überſchreite, viel geringer ſey als die Kraft der Cohäſion. Auch könne der Grund des Zerfließens nicht in dem Drucke der Luft liegen, weil dieſe Erſcheinung eben ſo gut im leeren Raume, wie in freyer Luft, ſtatt finde. Außerdem zerfließe ein Tropfen von einerley flüſſigen Materie auf der Fläche verſchiedener Körper,

auf andern feſten Körpern hingegen behalte er ſeine ſphäriſche Geſtalt. Der Grund des Zerfließens auf der Oberfläche der feſten Körper müſſe daher allein in der Cohäſion der flüſſigen Materie mit den feſten Körpern geſucht werden. Eben ſo ſteige an den Wänden ſolcher Gefäße, deren Materie ſpecifiſch ſchwerer als die flüſſige Materie ſey, womit ſie nicht ganz voll angefüllt wären, ein kleiner Berg auf, und es bilde daher die flüſſige Materie in den Gefäßen keine völlig wagrechte Ebene, wie es nach den hydroſtatiſchen Geſetzen ſeyn ſollte. Dieſe Erſcheinung erklärt Hamberger ganz richtig zuerſt ſo: weil die flüſſigen Theile zu gleicher Zeit ſchwer und cohärirend ſind, ſo müſſen die Theilchen derſelben, welche die Wand des Gefäßes berühren, dadurch in ihrem ſenkrechten Drucke nach unten vermindert werden, und ſie werden an der Wand umher um ſo viel höher ſtehen müſſen, als ihr verminderter Druck dem Drucke der davon entferntern Säulen das Gleichgewicht halten kann. Dieſelben Erſcheinungen erfolgen, wenn Queckſilber in metallene Gefäße gebracht wird.

Da nun das Waſſer vermöge der Cohäſion eben ſo auf die Körper, wie das Queckſilber auf die Metalle wirke, jene Körper aber ſpecifiſch ſchwerer, als das Waſſer, ſo wie die Metalle ſpecifiſch ſchwerer, als das Queckſilber wären, ſo ergebe ſich aus dieſer Erfahrung das erſte Geſetz der Cohäſion: Flüſſige Materien wirken in der Berührung auf feſte ſpecifiſch ſchwerere Körper.

Die nämliche Wirkung zeige ſich aber auch bey gleichartigen Körpern, wenn ſie in Berührung kämen, und daraus folge das andere Geſetz der Cohäſion: Flüſ-

Flüſſige Körper wirken auf Körper von gleichem ſpecifiſchen Gewichte.

Dieſe beyden Regeln glaubt Hamberger durch Induction gefunden zu haben. Wenn demnach die angeführte Bedingung, daß nämlich die flüſſige Materie ſpecifiſch leichter, als der feſte Körper, ſeyn muß, die einzige wahre ſey, unter welcher die flüſſige Materie mit dem feſten Körper in der Berührung cohärire, ſo folge hieraus ſehr leicht das dritte Geſetz der Cohäſion: Flüſſige Körper von ſpecifiſch ſchwererm Gewichte cohäriren nicht mit ſpecifiſch leichtern feſten Körpern.

Dieſe letztere Regel beſtätige noch folgender Verſuch. Wenn ein Queckſilbertropfen auf einen unmetallenen Körper gebracht werde, ſo zerfließe er nicht, ſondern behalte ſeine ſphäriſche Geſtalt, und in metallenen Gefäßen erhebe ſich das Queckſilber nicht an den Wänden derſelben, ſondern es ſtehe vielmehr an denſelben niedriger, als in der Mitte.

Der Grund, warum flüſſige Körper von ſpecifiſch ſchwererm Gewichte mit feſten Körpern von ſpecifiſch leichterm Gewichte nicht merklich cohäriren, müſſe ohne Zweifel in der geringern Anzahl der Berührungspunkte geſucht werden. Denn da ſpecifiſch ſchwerere Körper in einerley Raum eine größere Menge Materie enthielten, als ſpecifiſch leichtere Körper, ſo müßten auch ihre Theile unter derſelben Geſtalt und Größe in mehreren Punkten ſich berühren, als leichtere Körper; daher müßten nothwendig die Theile der ſpecifiſch ſchwerern Körper unter einander ſtärker zuſammenhängen, als mit leichtern Körpern. Je mehr alſo das ſpecifiſche Gewicht der flüſſigen Materie das des feſten Körpers übertreffe, deſto geringer ſey die Cohäſion der

Theile des leichtern Körpers mit der ſpecifiſch ſchwerern flüſſigen Materie.

Ueberhaupt giebt Hamberger für alle flüſſigen Materien, welche unter einerley Umſtänden ſich befinden, folgende Regeln:

1. Eine jede flüſſige Materie cohäriret mit keinem Körper, deſſen Theile ſpecifiſch leichter ſind, als die Theile der flüſſigen Materie, oder deſſen Theile weniger unter ſich zuſammenhangen, als die Theile der flüſſigen Materie unter ſich.

2. Wenn die Theilchen einer flüſſigen Materie einzeln zwiſchen zwey Körper gebracht werden, wovon der eine ein viel größeres ſpecifiſches Gewicht als der andere beſitzt, ſelbſt in Rückſicht ihrer Theile, ſo cohäriren die ſpecifiſch leichtern Körper mit den Theilen der ſpecifiſch ſchwerern flüſſigen Materie wegen der Reaction.

3. Wenn Körper, welche ein Theilchen einer flüſſigen Materie in entgegengeſetzten Punkten berühren, zwar ſpecifiſch leichter als das Theilchen der flüſſigen Materie, aber gleichartig ſind, ſo wirkt das Theilchen der flüſſigen Materie den beyden Körpern entgegen, und zeigt daher Cohäſion.

4. Wenn Körper, welche in entgegengeſetzten Punkten ein Theilchen der flüſſigen Materie berühren, ſpecifiſch ſchwerer, als das Theilchen der flüſſigen Materie, ſind, oder auch ein ihm eigenthümliches Gewicht beſitzen, ſo wird das flüſſige Theilchen mit beyden Körpern cohäriren, jedoch mit demjenigen mehr, wo mehrere Berührungspunkte ſtatt finden.

Dieſelben Regeln gelten auch für feſte Körper. Feſte Körper cohäriren mit einander, wenn die Anzahl der

der Berührungspunkte vermehrt werden kann. So fand Hamberger, daß zwey kleine bleyerne Cylinder, deren Grundflächen recht eben gemacht, und mit einiger Umdrehung um ihre Axe etwas gegen einander angedruckt waren, bisweilen durch ein angehängtes Gewicht von 18 Pfunden nicht von einander getrennt werden konnten. Noch weit beträchtlicher wäre aber die Cohäſion der feſten Körper, wenn ihre Grundflächen mit einer ſolchen flüſſigen Materie beſtrichen würden, deren Theile wenigſtens nicht ſpecifiſch ſchwerer, als die Theile der feſten Körper, wären. Dieſe flüſſige Materie fülle nämlich die auf der Oberfläche der feſten Körper ſich befindenden Ungleichheiten aus, wodurch die Berührungspunkte vermehrt würden. Die dazwiſchen kommende flüſſige Materie müßte aber folgende Eigenſchaften beſitzen, wenn durch die Cohäſion eine beträchtliche Stärke erhalten werden ſollte: 1. müſſe ſie ſpecifiſch leichter, als die feſten Körper, ſeyn, und 2. müſſe ſie zu jeder Zeit des Jahrs feſt werden. Je mehr ſich das ſpecifiſche Gewicht der flüſſigen Materie dem ſpecifiſchen Gewichte der feſten Körper nähere, deſto ſtärker ſey der Grad des Zuſammenhanges derſelben.

Aus dieſen angeführten Sätzen zieht Hamberger dieſe Folgen:

1. Alle Theilchen der flüſſigen Materien müſſen unter einander ein wenig cohäriren.

2. Weil dieſe Theilchen mit geringer Kraft unter ſich zuſammenhiengen, es aber gleichwohl flüſſige Materien gebe, welche ein beträchtliches Gewicht beſäßen, ſo müßten ſie ſich nothwendig nur in wenigen Punkten berühren,

3. Daher beſäßen ſie auch die ſphäriſche oder ſphäroidiſche Form.

4. Es müßten folglich Zwiſchenräume zwiſchen den Theilen der flüſſigen Materien geben, welche nicht mit eben ſo großen Theilen, aus welchen die flüſſigen Materien ſelbſt zuſammengeſetzt wären, ausgefüllt ſeyen, ob ſie gleich andere kleinere Theile enthielten.

5. Wenn ſich daher mehrere Theile einer flüſſigen Materie berührten, ſo würden ſie ſich in einer andern Flüſſigkeit von merklich verſchiedenem ſpecifiſchen Gewichte, ohne daß ihnen Bewegung und Gewichte derſelben im Wege ſtehe, in Sphären formen; denn ſo lange die Geſtalt nicht ſphäriſch ſey, wirkten immer mehrere Theile gegen wenigere, mithin könnte in ihnen kein Gleichgewicht erfolgen, wenn ſie nicht dieſe Form hätten.

Aus dieſer ſeiner Theorie erklärt Hamberger folgende Phänomene:

1. Wenn ein Glas, oder ein anderes Gefäß (fig. 1.) mit Waſſer angefüllt in eine geneigte Lage gebracht wird, ſo daß das Waſſer nur tropfenweiſe aus ſelbigem laufen kann, ſo wird es an der Wand ab des Gefäßes auswendig herablaufen, ohnerachtet es durch die Schwere nach der ſenkrechten Richtung herabgetrieben werden ſollte. Es wird nämlich der Tropfen g durch die Schwere in der Richtung gh getrieben, aber die Cohäſion deſſelben mit dem Glaſe wird nach der auf der Wand des Glaſes ſenkrecht ſtehenden Wirkung ihn nach der Richtung gc zu ziehen; er wird alſo nach der Richtung der Diagonale ab getrieben werden; dieß wird von allen nachfolgenden Tropfen gelten, und ſie werden, wenn ſie hinter einander folgen, einen Waſſerſtrahl längſt der Wand ab des Gefäßes machen.

machen. Iſt der Waſſertropfen in den Punkt b angekommen, ſo wird er nun nach der Richtung gc durch die Cohäſion gegen das Gefäß, und nach gh durch die Schwere getrieben; beyde Kräfte ſind ſich entgegengeſetzt, und es kommt nun darauf an, welche Kraft die größeſte ſey, die Schwere d. i. das Gewicht des Waſſertropfens, oder die Cohäſion deſſelben mit dem Glaſe. Iſt das erſtere, ſo fällt er herab; iſt das letztere, ſo bleibt er hangen. Wenn der Waſſerſtrahl mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit am Glaſe herabläuft, ſo erlangt er durch den Fall eine gewiſſe Geſchwindigkeit und Kraft, nach der Richtung abm ſich fortzubewegen. Da er aber zu gleicher Zeit durch die Schwere, während er nach bm zu gehen fortfahren will, nach gk getrieben wird, ſo bewegt er ſich durch die Linie bl.

2. Wenn zu viel Waſſer auf einmal ausgegoſſen wird, ſo iſt das Gewicht des Waſſerſtrahls viel größer, als die Summe der Kräfte der Cohäſion in den berührenden Theilen, und dann fällt der Strahl ſenkrecht herab. Dieß erfolgt auch, wenn das Gefäß horizontal gehalten wird; alsdenn wird die Richtung, nach der die Cohäſion auf das Gefäß wirkt, der der Schwere gerade entgegengeſetzt, und das Waſſer muß der Richtung der größern Kraft folgen.

3. Wenn eine enge Röhre (fig. 2.) ab eine ſchiefe Mündung hat, und daraus das Waſſer nach der Richtung gd zu ſpringen genöthigt wird, ſo wird es an der Mündung von zweyen Kräften getrieben werden, indem auf der einen Seite die Cohäſion nach der Richtung gc, die andere treibende Kraft aber nach der Richtung gd wirkt; beyde Richtungen machen

 mit

mit einander den Winkel cgd, und es muß ſich folglich der Strahl nach der Diagonale gf bewegen.

4. Es ſpringe das Waſſer aus der engen Mündung (fig. 3.) b der Röhre ab in der ſenkrechten Richtung bck hervor, und es werde der Waſſerſtrahl in c mit einem runden gläſernen, metallenen oder hölzernen Stabe berührt, ſo wird der Strahl gleich ſeine Richtung am Berührungspunkte ändern, um den Stab herum nach d, und weiter nach unten zu gehen, und von e herab in der Richtung ef fallen. Jeder den Stab berührende Tropfen ſtrebt durch die Kraft des Drucks, die ihn nach oben zu treibt (fig. 4.), nach gk zu gehen; die Cohäſion mit dem Stabe aber macht, daß er ſenkrecht darauf angezogen wird, alſo nach der Richtung gc wirkt; er wird daher, von zwey Kräften gk und gc getrieben, die Diagonale gg durchlaufen. Da aber die Cohäſion gc ſtetig wirkt, ſo wird er alle Augenblicke von der Richtung der Tangente gk abgelenkt werden, mithin eine krumme Linie um den Stab herum beſchreiben. Beym Hinabwärtsgehen wird die Geſchwindigkeit des Waſſerſtrahls durch die Schwere beſchleunigt, unten aber auch wieder geſchwächt, die Tropfen werden alſo unten langſamer bewegt werden, wenn ſie wieder der Richtung der Schwere entgegen in die Höhe ſteigen ſollen, ſich folglich wegen des ſchnellern Nachfolgens der folgenden anhäufen, und durch das vergrößerte Gewicht die Stärke der Cohäſion gegen den Stab zu überwinden, und ſolchergeſtalt in der Richtung gl herabfallen.

5. Wenn die Mündungen der Röhren (3. 4.) zu weit ſind, ſo wird alsdenn die bewegende Kraft des Waſſerſtrahls zu groß, ſo daß der ganze Waſſerſtrahl in

in ſeiner urſprünglichen Richtung durch ſolche Vorrichtungen nicht abgeändert wird.

Alle dieſe Erſcheinungen, bemerkt Hamberger, finden ſtatt, wenn ſtatt des Waſſers Queckſilber genommen und ſtatt gläſerner Röhren metallene gewählt werden; dagegen fallen ſie aber gänzlich weg, wenn Queckſilber aus gläſernen oder andern Röhren ſpringt, deren Theile mit den Theilen des Queckſilbers nicht ſo ſtark zuſammenhängen, als die Theile des Queckſilbers unter ſich.

Auch erklärt Hamberger hieraus ganz richtig, warum Queckſilber in ſolchen Gefäßen, welche mit den Theilen deſſelben nicht zuſammenhängen, eine convexe Oberfläche annimmt, und folglich rund an den Wänden der Gefäße eine Vertiefung bildet. Nach hydroſtatiſchen Geſetzen ſollte nämlich das Queckſilber in Gefäßen eine vollkommen horizontale Oberfläche bilden, welches auch wirklich ſtatt finden würde, wenn die Theile bloß der Schwere, nicht der Cohäſion folgten. Wenn ſie dagegen bloß der Cohäſion gleichförmig folgten, und nicht zugleich ſchwer wären, ſo würden ſie in allen Gefäßen eine vollkommene Kugelfläche bilden. Da ſie aber zu gleicher Zeit cohärirend und ſchwer ſind, ſo müſſen die mittleren Säulen ſinken, wenn ſie um ſo viel höher ſtehen, als die äußere, daß ihr ſenkrechter Druck durch die Schwere mehr beträgt, als die Cohäſion zu erhalten vermögend iſt. Es wird daher die Convexität nur an den Wänden der Gefäße wahrzunehmen ſeyn.

Hamberger führt noch andere merkwürdige Erſcheinungen an, welche ſich auf den Zuſammenhang flüſſiger Materien mit feſten, welcher größer oder klei-

ner iſt, als der zwiſchen den Theilen der flüſſigen Materie ſelbſt, gründen.

Wenn Bärlappſaamen (ſemen lycopodii) auf die Fläche eines feſten Körpers geſtreut, und darauf ein Waſſertropfen gebracht wird, ſo zerfließt dieſer nicht, ſondern behält ſeine ſphäriſche Geſtalt. Auf ſolche Art kann man, wenn dergleichen Saame auf eine Waſſerfläche geſtreut wird, durch ſelbige ins Waſſer greifen, ohne die Finger naß zu machen.

Wird an der innern und äußern Seite, ſo wie am Rande irgend eines Gefäßes Bärlappſaamen gebracht, ſo wird das Waſſer aus einem ſolchen Gefäße, wenn es in eine geneigte Lage gebracht wird, nicht an der äußern Wand des Gefäßes herablaufen. Auch werden ſich Waſſertropfen nicht vereinigen, wenn ſie mit Bärlappſaamen umgeben ſind.

Wenn ein gläſernes Gefäß nicht ganz voll Waſſer gefüllt, und auf ſelbiges eine kleine hohle gläſerne Kugel geſetzt wird, ſo wird ſich rund um die Kugel ein Waſſerberg erheben, und ſie in der Mitte der Waſſerfläche ruhig ſtehen bleiben. Sobald ſie aber der Wand des Gefäßes näher kommt, ſo wird an dieſer Seite der an ihr aufgeſtiegene Waſſerberg höher, als auf der entgegengeſetzten Seite ſeyn, und die Kugel wird ſich mit beſchleunigter Bewegung nach der Wand des Gefäßes hin bewegen. Auf eben dieſe Art bewegt ſich die Kugel von der Mitte des Waſſers gegen den Finger, oder einen andern Körper, den man ins Waſſer ſteckt, und welcher davon naß wird.

Wenn hingegen die kleine hohle Glaskugel mit Fett beſtrichen, und dann mit Bärlappſaamen belegt wird, ſo wird ſie, aufs Waſſer gebracht, von der Sei-

tenwand des Gefäßes deſto ſchneller ſich abwärts bewegen, je näher ſie derſelben gebracht ward. Eben ſo wird ſich die Kugel von dem Finger, oder von einem andern Körper, an welchem ſich das Waſſer hängt, wegwärts bewegen.

Wenn ein Gefäß mit Waſſer übervoll angefüllt wird, ſo wird es eine convexe Oberfläche erhalten, welche der ſphäriſchen Geſtalt deſto näher kommt, je enger das Gefäß iſt. Legt man nun eine hohle gläſerne Kugel auf die Oberfläche des Waſſers nahe an die Wand des Gefäßes, ſo wird ſich zwar das Waſſer rund um die Kugel herum erheben, auf derjenigen Seite aber, welche der Wand am nächſten iſt, in geringerer Höhe, als auf der entgegengeſetzten Seite; es wird ſich alſo die Kugel von der Wand des Gefäßes nach der Mitte zu bewegen. Wird aber ein Finger oder ſonſt ein Körper, an welchem das Waſſer zerfließt, in der Nähe der Kugel ins Waſſer geſteckt, ſo ſteigt nun daſſelbe zwiſchen dem Finger und der Kugel wegen der Cohäſion höher, und die Kugel bewegt ſich mit beſchleunigter Bewegung gegen den Finger. Beſtreicht man die Kugel mit Fett, und belegt ſie alsdenn mit Bärlappſaamen, ſo wird ſie ſich nunmehr, wenn ſie auf die Waſſerfläche gegen den Rand des Gefäßes gebracht wird, mit beſchleunigter Bewegung dahin begeben, und daſelbſt ruhig ſtehen bleiben.

Auch leitet Hamberger aus der Cohäſion zwiſchen ungleichartigen Subſtanzen die Kitte, den Mörtel, das Löthen, Verzinnen, Vergolden u. d. gl. her. Er glaubt aber, daß ſich der Zuſammenhang nach der Dichtigkeit der Materie richte, daß nämlich diejenigen flüſſigen Materien mit einer feſten deſto ſtärker cohäriren, je mehr das ſpecifiſche Gewicht derſelben dem

ſpe-

ſpecifiſchen Gewichte des feſten Körpers nähere. Ueberhaupt meint er, wie bereits angeführt worden, das Geſetz, daß ſich die Größe des Zuſammenhanges bey Körpern von ungleicher Art nach ihrer verſchiedenen Dichtigkeit richte, ſey ein allgemeines Naturgeſetz.

Allein ſchon Muſſchenbroek[t]), welcher beynahe zu gleicher Zeit mit Hambergern, ohne von dieſem etwas gewußt zu haben, dieſen Gegenſtand genauer unterſuchte, bewieß durch mancherley Verſuche, daß dieß von Hambergern angeführte Geſetz keinesweges allgemein wahr ſey, ob er es gleich nachher ſelbſt behauptete. Muſſchenbroek ſucht ebenfalls zu beweiſen, daß die Urſache der Cohäſion keinesweges von dem Drucke des Aethers herrühren könne, vielmehr iſt er der Meynung, daß dieſer aus einer geſunden Phyſik ganz verbannt werden müſſe. Er ſucht zu beweiſen, daß die Cohäſion bloß von einer innern Kraft der kleinſten Theile der Materie abhange, ſo wie auch Hamberger annahm. Aeußere Kräfte anzunehmen, um das Phänomen der Cohäſion zu erklären, ſey völlig unzureichend. Innere Kräfte der Materie lehrten uns freylich die äußern Sinne nicht, aber die Wirkungen in der Natur zeigten ſie unläugbar. Die allgemeinſten Wirkungen ſeyen dieſe, daß ein jeder Körper, ein feſter oder flüſſiger, mit einem andern feſten oder flüſſigen in unmittelbarer Berührung gebracht, im leeren Raume cohäriren, in einer gewiſſen Entfernung hingegen weder der eine noch der andere Körper ein Beſtreben zeige, ſich nach dem andern hinzubewegen. Dieſe innere Kraft der Materie könne man anziehende Kraft

t) Diſſertat. phyſicae et mathemat. Lugd. Batav. 1729. 4. p. 353. 451 ſqq.

Kraft nennen. Gott habe dieſe Kraft in die Materie gelegt, und ſie müſſe daher eben ſo, wie die andere innere Kraft, die man Schwere nenne, als ein Naturgeſetz erkannt werden. Die Schwere unterſcheidet Muſſchenbroek ausdrücklich von jener anziehenden Kraft, weil die erſtere im Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung abnehme, die anziehende Kraft hingegen ein ganz anderes Verhältniß beobachte, ja oft in eine Zurückſtoßung ſich umändere, welches bey der Schwere nie ſtatt finde. Außer dieſen beyden innern Kräften der Materie gebe es aber noch eine, die Trägheitskraft heiße, vermöge welcher einem ankommenden Körper Widerſtand geleiſtet werde. Die anziehende Kraft ſey in verſchiedenen Körpern gar ſehr verſchieden. So würden Körper, welche aus kleinſten Theilchen von beſtimmter Dichtigkeit und Geſtalt zuſammengeſetzt wären, von gewiſſen Subſtanzen ſtärker angezogen, als andere, oder ſtärker als Waſſer, Queckſilber u. ſ. f.

Wenn Muſſchenbroek [u]) einen Tropfen Oel auf die Fläche eines glatten und reinen Glasſtreifens (fig. 5.) de, welcher horizontal lag, ſetzte, hierauf das Ende eines andern Glasſtreifens ac mit dem Ende des Glasſtreifens de ſo verband, daß beyde Glasſtreifen den Winkel cde mit einander machten, und der Oeltropfen mit dem Streifen in Berührung kam, ſo fieng dieſer an, nach dem Winkel d ſich hinzubewegen, anfänglich zwar langſam, nach und nach aber mit beſchleunigter Bewegung. Wenn nämlich der Tropfen beyde Glasflächen berührt, ſo nimmt er die in

u) Diſſertat. phyſicae et mathemat. Lugd. Batav. 1729. 4. p. 347.

in der Figur vorgeſtellte Geſtalt an. Dieſer Tropfen wirkt nun vermöge der Cohäſion auf die Fläche des obern Streifens nach der ſenkrechten Richtung op, und auf die Fläche des untern Streifens nach der ſenkrechten Richtung of; die Richtungen beyder Kräfte ſchließen den Winkel pof ein, mithin wird der Tropfen durch die Diagonale od getrieben werden. Je näher er aber nach d kommt, deſto platter und breiter wird er, folglich wird die Cohäſion um ſo ſtärker wirken, und daher die Bewegung nach der Richtung od beſtändig vermehren.

Muſſchenbroek ſtellte dieſen Verſuch mit einer ſehr großen Menge verſchiedener deſtillirten Oele an, und fand, daß oft ſpecifiſch ſchwerere Oele ſich ſchneller nach dem Mittelpunkte hin bewegten, als ſpecifiſch leichtere, ja ſpecifiſch leichtere gar keine Bewegung und folglich geringe Cohäſion zeigten.

Er unterſcheidet überhaupt ſiebenerley Arten der Cohäſion, nämlich:

1. diejenige Cohäſion, welche von dem Drucke der Luft auf die Körper abhängt, wie z. B. die Cohäſion der beyden Magdeburgiſchen Halbkugeln, aus welchen die Luft gezogen worden,

2. diejenige, welche von der magnetiſchen Kraft herrührt. Vermöge der anziehenden Kraft cohärirten auf einander gelegte ebene Platten von Stein, Metall, Glas u. ſ. f. Denn alle Theilchen, welche ſich berührten, zögen ſich an, und die Größe der Cohäſion richte ſich bloß nach der Stärke der Anziehung. Wenn die Flächen der Körper vollkommen eben, und ohne

ohne alle Zwiſchenräume wären, ſo würden ſie mit der ſtärkſten Kraft cohäriren, indem ſich alsdenn die beyden Körper in allen Punkten der Flächen berührten, und folglich Anziehung ausübten; da aber die Flächen aller Körper porös, folglich rauh wären, ſo könnten ſich zwey über einander gelegte ebene Körper nur an gewiſſen Stellen berühren; mithin würde ihre Anziehung nicht die möglichſt größte ſeyn, ſondern dieſer Gränze deſto näher kommen, je ebener die Oberflächen wären; im Gegentheil würde die Anziehung deſto geringer ſeyn, je größere Rauhigkeit die Flächen beſäßen.

3. Die Cohäſion ſolcher Körper, welche durchs Feuer in einen flüſſigen Zuſtand verſetzt würden, nach dem Erkalten aber in die feſteſte Maſſe übergiengen, wie z. B. die Metalle.

4. Diejenige Cohäſion, welche der durchs Waſſer erweichte Töpfer- oder Ziegelſtreicherthon im Feuer zeige. Das Waſſer verhindere nämlich die Anziehung der Theilchen einer ſolchen Maſſe; wenn ſie aber ins Feuer gebracht und die wäſſerichten Theile dadurch ausgetrieben würden, ſo näherten ſich nun die Theile vermöge ihrer anziehenden Kraft immer mehr, und fiengen eine feſte Maſſe zu bilden an.

5. Diejenige Cohäſion, welche ſich zwiſchen zwey feſten Körpern zeige, wenn ein gewiſſer flüſſiger oder halbflüſſiger Körper, welcher entweder ſo bleibe, oder nachher feſt werde, dazwiſchen komme. Körper mit rauhen Flächen cohäriren mit geringer Kraft zuſammen, wegen der Unebenheiten, die ſich auf den berührenden Flächen befinden, ſo daß alſo wenige Theile ſich berühren können. Wenn aber eine flüſſige Materie

rie auf dieſe Flächen gebracht werde, ſo würden dadurch die Unebenheiten ausgefüllt, und es müſſe daher die Cohäſion nothwendig ſtärker werden. Da aber bey verſchiedenen Körpern die auf den Flächen der feſten Körper hervorragenden Theilchen gar mancherley Geſtalten z. B. pyramidaliſche, ſphäriſche, ſphäroidiſche, prismatiſche u. ſ. beſitzen könnten, ſo erhelle daraus, daß die Cohäſion der verſchiedenen feſten Körper bey einerley Grundfläche, und gleichem dazwiſchen gebrachten flüſſigen Mittel gar verſchieden ausfallen müſſe. Eben ſo müſſe auch eine Verſchiedenheit der Cohäſion ſtatt finden, wenn verſchiedene flüſſige Mittel auf die Flächen der feſten Körper gebracht würden. Hiebey bemerkt aber Muſſchenbroek, daß die Cohäſion in allen dieſen Fällen nicht ganz von den anziehenden Kräften, womit die Theile der flüſſigen und feſten Körper auf einander wirken, abhange, ſondern auch von dem Drucke der Luft. Er ließ aus verſchiedenen Materien Cylinder verfertigen, deren Durchmeſſer 1,916 rheinl. Zolle betrug, und die Grundflächen derſelben ſehr genau ſchleifen und poliren. Er beſtrich die Grundflächen je zweyer Cylinder von einerley Art mit erwärmtem Rindstalg, befeſtigte den obern, und riß nun den untern durch angehängte Gewichte, nach dem völligen Erkalten des Talges, ſenkrecht ab. Er nimmt dabey an, daß der Druck der Luft 41 Pfund betragen habe, und dieſen bringt er mit in Anſchlag. Da fand er dann folgende Reſultate:

Es hiengen zuſammen:

Cylin-

		nach Abzug des Drucks der Luft von 41 Pfund
Cylinder von Glas	mit 130 Pf	mit 89 Pf.
Meſſing	— — 150 —	— 109 —
Kupfer	— — 200 —	— 159 —
Silber	— — 125 —	— 84 —
gehärtetem Stahl	225 —	— 184 —
weichem Eiſen	— 300 —	— 259 —
Zinn	— — 100 —	— 59 —
Bley	— — 275 —	— 234 —
Zink	— — 100 —	— 59 —
Wismuth	— 150 —	— 109 —
weißen Marmor	225 —	— 184 —
ſchwarzen Marm.	230 —	— 189 —
Elfenbein	— — 108 —	— 67 —

6. Diejenige Cohäſion, durch welche in einigen Liquoren zerſtreute Theilchen in eine feſte Maſſe verbunden werden, wenn nämlich dieſe Liquoren in ihrer Vermiſchung ein Aufbrauſen zuwege bringen, wie z. B. Salzgeiſt mit alkaliſchen Liquoren.

7. Diejenige Cohäſion, wodurch zwey Körper mittelſt feſter Nägel in ein nicht leicht zu trennendes Ganze gebracht werden können.

Es haben aber mehrere, z. B. der P. Gerdil, gegen die Annahme einer anziehenden Kraft der Theile der Körper in der Berührung Einwendungen gemacht, und vielmehr alle Phänomene der Cohäſion aus dem Drucke eines ätheriſchen Mittels, das alle Körper mit der größten Leichtigkeit durchdringe, zu erklären geſucht. Allein die Gründe ſind ſo unerheblich, daß ſie nicht weiter angeführt zu werden verdienen.

Die Newtonianer, ſelbſt diejenigen, welche Newton'n entgegen der Materie weſentlich eine anziehende Kraft beygelegt hatten, erkannten ſehr wohl,

daß die Cohäſion ganz andere Geſetze befolge, als die Anziehung der Materie in der Entfernung, und unterſchieden daher ganz richtig beyde von einander. Inzwiſchen erſchien im Jahr 1761 im journal des ſavans eine kleine Abhandlung x), in welcher zwar die Schwierigkeit bemerkt wird, welche ſich bey der Erklärung der Cohäſion nach Newtonſchen Principien vorfindet; allein ſie laſſe ſich doch durch dieſe ſehr leicht beurtheilen, und es ſey daher gar keinem Zweifel unterworfen, daß auch Cohäſion auf Newton's Grundſätzen beruhe.

Man habe, wird daſelbſt geſagt, Grund zu glauben, daß die Anziehung, welche die Planeten in ihrem Laufe erhalte, und welche die Körper gegen den Mittelpunkt der Erde treibe, noch mehrere andere Wirkungen in der Natur hervorbringe, als die Adhäſion der flüſſigen Körper, die Härte, die Gährungen, und überhaupt alle zur Cohäſion gehörigen Phänomene. Man habe in der That bewieſen, daß dieſe verſchiedenen Phänomene keinesweges von einem Stoße herrühren könnten, oder doch wenigſtens, daß er nicht die einzige und vornehmſte Urſache ſey. Wenn man die Anziehung wirklich als eine allgemeine Eigenſchaft der Materie betrachte, ſo ſey es natürlich, ihr auch alle diejenigen Wirkungen zuzuſchreiben, die ihr analog ſind.

Die Kraft, mit welcher ſich die ſchweren Körper gegen den Mittelpunkt zu bewegen ſtrebten, ſey dem verkehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung proportional; dagegen ſey aber die Kraft, mit welcher ſich die körperlichen Theilchen bey der Cohäſion vereinigen

x) Reflexions ſur une difficulté propoſée contre la maniè-re dont les Newtoniens expliquent la cohéſion des corps, et les autres phénomènes, qui s'y rapportent. Mai 1761. p. 121 ſqq.

nigen wollten, offenbar in einem weit größern Verhältniſſe. Es ſchiene daher, als ob beyde Kräfte nicht von ein und der nämlichen Urſache abhiengen.

Dieſe Schwierigkeit habe einigen Newtonianern ſo groß geſchienen, daß, um ſie zu vermeiden, ſie lieber das Princip der Anziehung nur auf die himmliſchen Erſcheinungen einſchränkten, wo es mit einer bewundernswürdigen Leichtigkeit angewandt werde. Andere aber hätten ſie lieber zu heben geſucht, als einem Princip Grenzen zu ſetzen, deſſen Allgemeinheit wenigſtens ſehr wahrſcheinlich gemacht worden ſey.

In dieſer Hinſicht hätten einige geglaubt, das allgemeine Geſetz der Anziehung ſey nicht das des umgekehrten Verhältniſſes des Quadrats, ſondern das des verkehrten Verhältniſſes des Quadrats und des verkehrten Verhältniſſes des Würfels, oder irgend einer andern noch höhern Potenz als die des Würfels. Aber außerdem, daß dieſe Idee eine Annahme ohne allen Beweis ſey, und daß ein ſolches Geſetz eine große Verwirrung hervorbringe, ſey es gewiß, daß ſie weder mit den Erſcheinungen der Schwere, noch mit denen der Cohäſion übereinkomme.

Andere hätten zwey Geſetze der Anziehung angenommen, das eine für große Entfernungen und für die himmliſchen Erſcheinungen, das andere für kleine Entfernungen und für die Cohäſion; das erſtere ſolle das verkehrte Verhältniß des Quadrats, und das andere das verkehrte des Würfels ſeyn. Einige Philoſophen hätten zwar die Einfachheit der Naturgeſetze behauptet, es ſey aber gewiß, daß mehrere dieſer Geſetze beträchtliche Veränderungen und Modificationen erlitten. Z. B. die Geſetze der Refraction ſeyen nicht einerley bey den kleinen Körperchen des Lichts und bey

größern Körpern. Die bey flüſſigen Körpern in Rückſicht des Drucks der Grundflächen ſtatt findenden Geſetze ſeyen in mancherley Hinſichten von denen bey feſten Körpern ſehr verſchieden. Auf alles dieß möchten ſich jene Philoſophen bey der Annahme eines doppelten Anziehungsgeſetzes geſtützt haben.

Aber wenn dieß ſtatt finde, ſo würden alle Körper von einer unendlich großen und vollkommenen Härte ſeyn. Denn man könnte gar nicht zweifeln, daß bey allen Körpern ſich nicht eine große Anzahl von Theilchen fände, die ſich in einigen Punkten berührten. Dieſe Theilchen würden daher bey ihrer Trennung einen Widerſtand leiſten, welcher von keiner endlichen Kraft überwunden werden könne, und ſie würden daher einen vollkommen harten Körper bilden.

So bleibe die Schwierigkeit, die man zu heben ſuche, aller gemachten Verſuche ſie aufzulöſen ungeachtet, noch immer völlig dieſelbe. Allein, wird gefragt, ſollte ſie unauflösbar ſeyn? Wenn man bedenke, wie viele andere Schwierigkeiten, die man gegen Newton's Syſtem aufgeworfen habe, und welche dem erſten Anblick nach nicht weniger groß, als dieſe, geſchienen hätten, dennoch mit der Zeit gehoben wären; ſo ſey es wahrſcheinlich, daß eben dieß mit der gegenwärtigen der Fall geweſen ſeyn würde, wenn unter den vielen großen Geometern, die das Newtonſche Syſtem zu vervollkommnen geſucht hätten, ſich einer gefunden, der ſie einer beſondern Aufmerkſamkeit gewürdigt hätte. Allein die meiſten wären bloß mit den himmliſchen Erſcheinungen beſchäftigt geweſen, und hätten ſich über die gegenwärtige nicht ins Detail eingelaſſen.

Aus

Aus dem vorhin angeführten folge, daß die Kraft, welche ſich bey der Cohäſion zeige, ſelbſt bey dem Berührungspunkte noch gar wohl endlich ſey; ſie ſey unendlich kleiner, als diejenige, welche eine Anziehung in dem verkehrten Verhältniſſe des Würfels, oder jeder andern Potenz, die höher als das Quadrat iſt, hervorbringen würde. Sey es daher nicht natürlich zu denken, daß eine Anziehung im bloßen verkehrten Verhältniſſe des Quadrats dazu hinreiche, ſie hervorzubringen? Und wenn dieß wäre, würde dann die Schwierigkeit nicht aufzulöſen ſeyn? Die vorhin erwähnten beyden Arten von Anziehungen ſeyen bloß Wirkungen ein und der nämlichen Anziehung; es ſoll nämlich Anziehung diejenige Wirkung ausdrücken, welche der *anziehende* Körper auf den angezogenen ausübt. Es *ſey* aber gewiß, daß die Wirkungen ein und der *nämlichen* Urſache in ihren Verhältniſſen verſchieden ſeyn können, ohne daß ſelbſt die Urſache in ihrem Geſetze eine Aenderung erleide. Gewiſſe beſondere Umſtände verurſachten, daß die Wirkung der Urſache bald einfacher, bald verwickelter erfolge; daß die Dauer derſelben bald verlängert, bald verkürzt werde. So geſchehe es, daß beym Stoße der Körper eine und dieſelbe bewegende Kraft ihrer Natur nach entweder Hinderniſſe, welche ſie zu überwinden habe, oder der Zeit und Art nach, wie ſie angewendet ſey, Wirkungen hervorbringe, die ſich bald wie die einfachen Geſchwindigkeiten, bald wie die Quadrate der Geſchwindigkeiten verhalten. Warum könnte es nicht eben ſo bey der Anziehung ſeyn? Warum könnte dieſe Kraft, indem ſie beſtändig ein und das nämliche Geſetz befolge, nicht Wirkungen von verſchiedenen Verhältniſſen zu Stande bringen, indem durch die Dazwiſchenkunft einiger be-

ſondern Umſtände ihre Wirkung auf eine verſchiedene Art modificirt werde?

Allgemein betrachtet ſchiene es daher nicht unmöglich, daß die Kraft, die man bey der Cohäſion wahrnehme, und die der Schwere, in ſo verſchiedenen Verhältniſſen ſie auch zu wirken ſchienen, dennoch durch einerley Anziehung, die nach dem verkehrten Verhältniſſe des Quadrats wirke, hervorgebracht würden. Um ſich von der Wahrheit dieſer Sache zu überzeugen, müßte man in ein größeres Detail gehen. Es ſind aber hier nur einige Umſtände angeführt worden, nach welchen die Anziehung nach dem verkehrten Verhältniſſe des Quadrats bey der Cohäſion ein viel größeres Verhältniß, als bey den Planeten, hervorbringen ſoll.

Der erſte merkwürdige Umſtand ſey die außerordentliche Feinheit der Theilchen, zwiſchen welchen die Anziehung bey der Cohäſion wirke. Es ſey (fig. 6.) ſ eine ſphäriſche Oberfläche, oder eine hohle Kugel von der möglichſt kleinſten Dicke, und p ein in einiger Entfernung auf die Verlängerung des Diameters ap geſetztes Körperchen. Setzt man nun voraus, daß jedes unendlich kleine Theilchen der Kugel, d, o u. ſ. auf das Körperchen eine ſolche Anziehung ausübe, welche im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats vom Körperchen iſt, ſo folge aus prop. 71. Lib. I. princip. *Newton.*, daß dieſes Körperchen nach dem Mittelpunkte der Kugel mit einer Kraft getrieben werde, die dem Quadrate der Entfernung von dieſem Mittelpunkte umgekehrt proportional ſey. Wenn ſich nun zwey oder mehrere Theilchen d, o, u. ſ. in eine kleine Maſſe vereinigten, und dieſe ganz allein auf das Körperchen p wirke, ſo wer-

werde ſie ihm eine verhältnißmäßig größere Kraft, als diejenige, die er von der ganzen Kugel erhielt, mittheilen. Man nehme auf demſelben großen Cirkel adbo auf beyden Seiten des Diameters ab und in gleichen Entfernungen zwey gleiche Theilchen d und o an, und ſetze die anziehende Wirkung des Theilchens d = der kleinen Linie pg, und die des Theilchens o = der kleinen Linie pe = pg; alsdenn ſey die Kraft, womit das Körperchen p gegen den Mittelpunkt c vermöge dieſer beyden Wirkungen getrieben werde, = der Diagonale pt, und dieſe Kraft ſey alsdenn derjenigen proportional, womit er gegen denſelben Mittelpunkt vermöge der Anziehung der ganzen Kugel getrieben werde. Man habe alſo nur noch zu erweiſen, daß, wenn dieſe *beyden* Theilchen ſich in eine kleine Maſſe vereinigten, und dieſe allein auf das Körperchen p wirkte, ſie ihm eine größere Kraft als pt mittheilen werde. Dieß ſcheine aber an und für ſich offenbar; denn wenn z. B. das Theilchen o ſich mit dem Theilchen d vereinigen wolle, ſo verſchwinde der Winkel dpo gänzlich, die Kräfte pg, pe hörten auf ſchief auf einander zu wirken, und die Kraft, womit das Körperchen getrieben werde, werde nicht mehr pt, ſondern pg + ge oder 2pg > pt ſeyn. Hieraus folge nun allgemein: ein Theilchen, das ein anderes nach einem gewiſſen Geſetze anziehe, müſſe in demſelben eine verhältnißmäßig größere Kraft hervorbringen, als ein Körper von einem beträchtlichen Volumen hervorbringen würde, der es nach demſelben Geſetze anzöge. Wegen der außerordentlichen Kleinheit der Theilchen, zwiſchen welchen die Anziehung bey den Cohäſionen wirke, könne alſo die Kraft, die man dabey wahrnehme, verhältnißmäßig weit größer ſeyn, als diejenige, die man bey den größern Planetenkörpern beobach-

te, ohnerachtet die Anziehung in beyden Fällen demſelben Geſetze des Quadrats der Entfernung folge.

Ein anderer merkwürdiger Umſtand ſey die gegenſeitige Wirkung der Anziehung, die bey den Planeten beynahe Null ſey, und dieſe müſſe ſehr beträchtlich und ſehr merklich bey der Cohäſion ſeyn. Jeder Körper, der einen andern anziehe, werde auch zugleich von dieſem angezogen, und dieß bringe nothwendig zwiſchen den beyden Körpern eine Vermehrung der Kraft hervor, ſich einander zu nähern, oder ſich mit einander zu vereinigen. Dieſe Vermehrung der Kraft könne aber nicht zwiſchen Körpern ſtatt finden, deren Maſſen ſehr von einander verſchieden wären; denn da die Anziehung in gleichen Entfernungen im Verhältniſſe der Maſſen wirke, ſo werde ein Körper, deſſen Maſſe ſehr klein ſey, auch nur eine ſehr geringe, oder beynahe keine Wirkung auf den andern ausüben, deſſen Maſſe ſehr groß ſey. Dieſe Vermehrung der Kraft müſſe aber bey ſehr großen Entfernungen wirklich ſtatt finden, ſie ſey aber alsdenn ganz unmerklich, und könne folglich als Null angeſehen werden; denn ſie könne ſich nur durch die Vermehrung der Geſchwindigkeit zeigen, womit die Körper gegen einander getrieben würden, oder welches einerley ſey, durch die Vergrößerung des Raumes, worin ſie ſich in einer gegebenen Zeit einander näherten. Nun aber ſey offenbar, daß, je größer die Diſtanz ſey, die die beyden Körper trenne, deſto kleiner auch die merkliche Vermehrung des Raumes ſey, und daß bey großen Entfernungen ſie völlig = Null werde.

Dieſe beyden Urſachen mit einander verbunden verhinderten es, daß man zwiſchen der Sonne und den Planeten keine Vermehrung der Kraft antreffe,

die

die man ihrer gegenſeitigen Anziehung zuſchreiben könne. Allein bey der Cohäſion müßten gerade entgegengeſetzte Urſachen eine beträchtliche und beſonders eine ſehr merkliche Vermehrung der Kraft hervorbringen. Denn da die Theilchen, welche ſich bey dieſen Erſcheinungen anzögen, beynahe einander gleich wären, ſo werde die Kraft, womit ſie ſich einander näherten, und ſich mit einander vereinigten, wegen ihrer gegenſeitigen Anziehung doppelt ſo groß, als ſie ohne dieſe Anziehung ſeyn würde; und bey ſehr geringen Entfernungen, worin dieſe Erſcheinungen erfolgten, werde die geringſte Vermehrung der Geſchwindigkeit, oder welches hier einerley ſey, die geringſte Vermehrung der Kraft ſehr merklich und beträchtlich. Dieß ſey alſo wieder ein Umſtand, welcher es veranlaſſen könne, daß die Anziehung, wenn ſie auch beſtändig nach dem Geſetze des Quadrats wirke, bey der Cohäſion dennoch eine weit größere, wenigſtens merklich größere hervorbringen könne, als diejenige ſey, welche ſie bey den Planeten hervorbringe.

Ein dritter Umſtand, der vorzüglich die Erſcheinungen der Dauer angehe, ſey der, daß, anſtatt daß die Planeten nur nach dem Mittelpunkte hin getrieben würden, die Theilchen ein und deſſelben Körpers ſowohl durch eine ähnliche Anziehung, als durch den Druck der andern Theilchen gegen den Mittelpunkt getrieben würden. Es ſey nämlich (fig. 7.) eine feſte Kugel, welche man in verſchiedene concentriſche ſich berührende Oberflächen abcd, peqf u. ſ. eingetheilt annehme. Stelle man ſich nun ein Theilchen p vor, welches im Innern der Kugel in irgend einer Fläche ſeine Lage habe, ſo habe Newton prop. 70. 72 und 73. Lib. I. erwieſen, daß bey der Hypotheſe des Ge-

ſetzes des Quadrats der Entfernung die Kraft, womit dieß Körperchen gegen den Mittelpunkt ſ der Sonne getrieben werde, der Entfernung p ſ des Mittelpunktes proportional ſeyn werde, woraus ſehr leicht zu erſehen ſey, daß die entfernteſten Theilchen vom Mittelpunkte ſtärker angezogen würden, als die nähern.

Hieraus folge dann 1. daß die äußern Theilchen nach den Regeln der Mittheilung der Bewegung den innern das Uebermaaß ihrer Kräfte mittheilen würden, und daß folglich in dieſen Theilchen die Kraft, welche ſie durch die Anziehung des Mittelpunktes erlangten, zunehmen werde, 2. die Vermehrungen der Kraft, welche die innern Theile erhielten, müßten nicht verlohren gehen, ſondern im Gegentheil ſich erhalten, und unabläſſig gegen den Mittelpunkt hin ſtärker werden; denn a. wirkten Anziehung des Mittelpunktes und der Druck der äußern Theilchen beſtändig, und b. die Kräfte, welche von den entgegengeſetzten Theilen herkämen, als von a und b, und ſich ebenfalls bis zum Mittelpunkte erſtreckten, wirkten nicht gegen einander, und könnten ſich folglich nicht aufheben. Es ſcheine daher, daß wegen dieſes Umſtandes die Kraft, welche die Theilchen der harten Körper beſäßen, um ſich mit einander zu verbinden, nicht nur größer ſeyn müſſe, als die der Planeten, ſondern daß ſie nach einiger Zeit unendlich groß werden müſſe, ohnerachtet ſie eigentlich von derſelben Anziehung im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung abhange.

Verbinde man nun dieſe verſchiedenen Umſtände mit einander, und ſetze dazu noch andere, entweder von dieſen abhängende oder analoge; habe man außerdem bey den Erſcheinungen der Härte auf die Rauhigkeit der Oberflächen Acht, welche allein es verhindern wür-

würde, daß die Theilchen ſich ſehr leicht trennten; und erwäge man, daß, wie auch das Geſetz beſchaffen ſeyn möge, wovon die Kraft abhange, die man bey dieſen Erſcheinungen wahrnehme, es doch in keinem Verhältniſſe einer höhern Potenz, als des Quadrats, ſeyn könne; ſo ſchiene man Grund genug zu haben, daß dieß Geſetz eben das des Quadrats ſey.

Man könne zwar den Einwurf machen, daß die Kraft, welche man bey der Cohäſion wahrnehme, im Berührungspunkte größer ſey, als in der kleinſten Entfernung dieſes Punktes, und daß nach Newton prop. 85. Lib. I. dieß nicht ſo ſeyn müſſe, wenn dieſe Kraft die Wirkung einer Anziehung im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats wäre. Allein dieſer 85te Satz beziehe ſich auf prop. 70. 71. und 74. worin Newton nicht auf beſondere Umſtände Rückſicht nehme, welche bey der Cohäſion beſonders im Berührungspunkte die Kraft vergrößern könnten, die eigentlich zuerſt von der Anziehung abſtamme, und es folge nicht hieraus, daß die Kraft im Berührungspunkte nicht größer ſeyn könne, als in der geringſten Entfernung von dieſem Punkte, ohnerachtet die erſte und hauptſächlichſte Urſache, wovon ſie abhange, eine Anziehung im verkehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung ſey.

Dieſe Bemerkungen, welche ich vorzüglich deßwegen ausführlich erzählt habe, weil ſie vor einigen Jahren als etwas neues eben zu der Abſicht, um die hieher gehörige Schwierigkeit bey der Cohäſion zu heben, vom D. Murhard y) dem Publicum mitgetheilt worden ſind, befriedigen aber keinesweges. Denn es

y) Gren neues Journal der Phyſik. B. IV. S. 83. u. f.

es müßte offenbar hiernach folgen, daß ſich die Cohäſion nach der Dichtigkeit der Materie richte, welches aber ſchon durch Muſſchenbroeks Verſuche widerlegt iſt. Ueberhaupt kommt es bey den meiſten Erſcheinungen, die ſich auf die Cohäſion gründen, nicht auf die Menge der Materie an; vielmehr wirken ſchon diejenigen Materien, welche in Berührung kommen, chemiſch auf einander, und es kann daher die Kraft, mit welcher ſie ſich unter einander anziehen, nicht, wie bey den Planeten, mechaniſch, ſondern ſie muß chemiſch geſchätzt werden. Dieß iſt der Grund, warum die wahren Geſetze der Cohäſion nicht ſo leicht zu entdecken ſind, als es die der allgemeinen Schwere geweſen ſind.

Die Carteſianer hatten die Elaſticität der Körper durch eine durchſtrömende flüſſige feine Materie zu erklären geſucht. Allein Muſſchenbroek [z]) ſetzte allen ſolchen Erklärungen das entgegen, daß eine feine Materie doch nur nach Einer Richtung durchſtrömen werde. Werde nun ein Körper ſo gebogen, daß die Gänge deſſelben enger würden, wo die feine Materie durchgehen ſoll, ſo ließe ſich wohl gedenken, daß ſie gegen die Wände drucke, und dem Körper Federkraft gebe; beuge man ihn aber nach der andern Seite, ſo würden die Gänge da weiter, wo die flüſſige Materie ausgehe, und hier ſey nicht mehr einzuſehen, wie ſie einen Druck gegen die Seitenwände ausüben und dadurch Federkraft bewirken ſolle. Gleichwohl zeige aber eine elaſtiſche Stange Federkraft, man möge ſie nach der einen oder nach der andern Seite, oder überhaupt nach allen möglichen Richtungen beugen. Aber eine

z) Introductio ad philoſophiam naturalem. T. I. §. 767.

eine Bewegung der feinen Materie nach allen möglichen Richtungen laſſe ſich gar nicht gedenken. Er unterſcheidet übrigens die Federkraft der feſten Körper ſorgfältig von der Elaſticität der Luft. Von der erſtern vermuthet er mit andern Phyſikern, daß ſie von den verſchiedenen Geſtalten der kleinſten Theilchen und ihrem Zuſammenhange unter einander abhängen möge. Die Urſache der Elaſticität der Luft aber ſetzt er mit Newton in eine Repulſionskraft, bemerkt jedoch dabey, daß dieſe Kraft eine gewiſſe Urſache vorausſetze; ob nun dieſe die Elektricität, oder irgend ein anderes Princip ſey, wüßten wir nicht; es wäre daher genug, bey dem Satze ſtehen zu bleiben, daß die Luft wirklich elaſtiſch ſey.

Johann Bernoulli [a]) leitet die Elaſticität der Körper überhaupt von einer ſehr zarten in den innerſten Zwiſchenräumen eingeſchloſſenen ſehr feinen flüſſigen Materie ab. Er behauptet nämlich, daß dieſe feine Materie im Wirbel kreisförmig herumgetrieben werde, und dadurch eine Schwungkraft erhalte, welche die körperlichen Theilchen ausdehne. Dieſe Idee gab Eulern [b]) Veranlaſſung, die Elaſticität der Luft auf folgende Art zu erklären: Er ſetzt voraus, die Luft beſtehe aus einer unzählbaren Menge hohler Kügelchen, in welchen die ſubtile Materie eingeſchloſſen ſey. Je ſchneller nun in einem ſolchen Kügelchen die Materie an deſſen Oberfläche im Wirbel umlaufe, deſto ſtärker ſuche ſich daſſelbe auszubreiten. Um den Mittelpunkt eines jeden Kügelchens nimmt er einen leeren Raum

a) Addition au diſcours ſur les loix de la communication du mouvement. in Opp. T. III. p. 81.

b) Tentamen explicationis phaenomenorum aëris in comment. Petrop. T. II. p. 347 ſqq.

Raum an, welcher deſto kleiner wird, je ſtärker das Kügelchen durch eine äußere Kraft zuſammengedruckt wird; und wenn dieſer Raum verſchwindet, ſo hat die Luft den höchſten Grad der Elaſticität, und die Zuſammendrückung läßt ſich nun nicht weiter treiben. Euler bauet hierauf Rechnungen, aus welchen er eine Gleichung zwiſchen der Dichtigkeit und Elaſticität der Luft herleitet, die mit der Erfahrung ſehr gut zuſammenſtimmt. — Hieraus folgt aber doch noch nicht, daß Eulers willkührlich angenommene Hypotheſe die wahre phyſiſche Urſache ausdrücke. —

Daniel Bernoulli *) ſucht die Hypotheſe, daß die Elaſticität flüſſiger Materien in einer ſehr ſchnellen Bewegung aller ihrer Theilchen nach allen möglichen Richtungen beſtehe, zur Erklärung der Erſcheinungen anzuwenden. Man ſtelle ſich, ſagt er, ein hohles cylindriſches Gefäß vor, das mit einem beweglichen und mit einem Gewicht beſchwerten Deckel verſehen iſt; dieſer hohle Cylinder enthalte eine Menge Theilchen der feinen flüſſigen Materie. Durch beſtändig wiederholte Stöße der Theilchen wird nun dieſer Deckel im Cylinder auf einer gewiſſen Höhe erhalten. Die Theilchen werden den Deckel höher erheben, wenn man das Gewicht, womit er beſchwert iſt, vermindert; wenn man es aber vermehrt, wird der Deckel ſinken, und die Theilchen in einen engern Raum zuſammendrucken. Die Elaſticität wird aber hiebey auf eine doppelte Art vermehrt werden, einmal weil die Anzahl der Theilchen in Betrachtung des nunmehr kleinern Raums größer wird, das anderemal weil jedes Theilchen nun öfters an den Deckel ſtößt. Aus dieſen Vor-

*) Hydrodynamica. ſect. X. de affectionibus atque motibus fluidorum elaſticorum.

Vorausſeßungen beweißt Bernoulli durch Rechnung, daß ſich die Räume, welche eine elaſtiſche flüſſige Materie, die ſich ohne Ende zuſammendrucken läßt, einnimmt, umgekehrt, wie die zuſammendruckenden Kräfte, verhalten müſſen. Dieß Geſetz, ſagt er, finde mit Gewißheit bey derjenigen Luft ſtatt, welche dünner, als die atmoſphäriſche Luft, ſey; ob es aber auch in einer weit dichtern Luft anwendbar ſey, darüber habe er noch keine hinreichende Erfahrungen. Inzwiſchen, fährt er fort, werde die Elaſticität der flüſſigen Materie nicht allein durch die Zuſammendruckung vermehrt, ſondern auch durch die Wärme; durch dieſe werde nämlich die Geſchwindigkeit der Theilchen vergrößert. Endlich findet er, daß ſich die Elaſticität, wie das Quadrat der Geſchwindigkeit verhalten müſſe, weil bey vermehrter Geſchwindigkeit die Anzahl der Schläge und die Stärke derſelben in gleichem Verhältniſſe wachſen müſſen. Je mehr Theilchen ſich ferner in einem gleichen Raume befinden, deſto größer muß auch die Summe der Vermehrungen der Geſchwindigkeiten ſeyn, alſo muß das Wachsthum der Elaſticität der Luft bey gleichen Vermehrungen der Wärme den Dichtigkeiten der Luft proportional ſeyn. Auch dieß Geſetz findet er mit der Erfahrung übereinſtimmend.

Ueber das Zerſpringen der ſogenannten bataviſchen Glastropfen hat Boſc d'Antic [d]) wiederholte Verſuche gemacht. Die kleinen Bläschen, welche man gewöhnlich in ſelbigen wahrnimmt, hält er für nichts weiter, als eine in Dämpfe aufgelöſete Glasgalle.

In dieſem Zeitraume wurden auch von Bologna aus die ſogenannten Bologneſer Flaſchen, oder Springkolben, welche mit den Glastropfen viele Aehnlichkeit ha-

d) Mémoires preſentés etc. T. IV.

haben, bekannt. Sie ſind kleine gläſerne ziemlich dicke birnförmige Kolben von weißem oder grünem Glaſe, welche wie andere Gläſer geblaſen, aber nicht in dem Kühlofen allmählig, ſondern in freyer Luft nahe am Ofen etwas ſchneller abgekühlt werden. Wenn durch ihre Oefnung das kleinſte ſcharfe Feuerſteinchen, oder ein ſehr kleiner Diamant u. d. gl. hineinfällt, ſo zerſpringen ſie, wie die Glastropfen, in kleine Stückchen. Außer den Verſuchen, welche mit dieſen Springkolben im Bononiſchen Inſtitute [e]) angeſtellt worden ſind, hat vorzüglich dergleichen auch Hanow [f]) zu Danzig gemacht. Schon in den erſten Verſuchen fand man, daß auf dieſe Kolben von außen mit einem Hammer geſchlagen werden konnte, ohne daß ſie zerſpringen; wenn aber der kleinſte ſcharfe Körper hineingeworfen ward, ſo zerſprangen ſie augenblicklich. Wurden ſie hingegen auf Kohlen geglüht, und nachher allmählich abgekühlt, ſo fand gar kein Zerſpringen mehr ſtatt, und wenn noch ſo ſcharfe kleine Körperchen hineingeworfen wurden. Auch hat ſchon ganz richtig ein Ungenannter [g]) die Urſache dieſer Erſcheinung in der durch das ſchnelle Abkühlen des Glaſes vermehrten Elaſticität angeführt.

Ueber die merkwürdigen Erſcheinungen der Haarröhrchen ſind die Verſuche in dieſem Zeitraume ungemein

e) Comment. inſtitut. bonon. T. II. P. I. p. 321. 328.

f) Verſuche der Danziger naturforſch. Geſellſchaft. Th. I. S. 534. Th. III. S. 328.

g) De phialis vitreis ex minimi ſilicis caſu diſſilientibus acroaſis, experimentis et animadverſionibus illuſtrata. Patavii 1734. 4.

mein vervielfältigt worden. Bülfinger [h]) fand, daß ein Haarröhrchen gerade ſo viel Waſſer anzieht und erhält, als der größte Tropfen ausmacht, der auswendig an dem Röhrchen, ohne herabzufallen, hängen kann, und daß in trocknen Röhrchen das Waſſer zuerſt am Rande, nicht in der Mitte hinaufſteige. In Anſehung der Erklärung giebt er Jurin (Th. III. S. 310.) völligen Beyfall.

Muſſchenbroek [i]) hat noch mehrere Verſuche mit Harröhrchen angeſtellt. Zuerſt bemerkt er, daß die Phänomene der Haarröhrchen, welche den bekannten hydroſtatiſchen Geſetzen ganz entgegen wären, bey Beurtheilung der wichtigſten Naturoperationen eine vorzügliche Aufmerkſamkeit verdienten. In dieſer Abſicht hätten auch ſchon Mehrere Unterſuchungen darüber angeſtellt, und daraus das Aufſteigen des Nahrungsſaftes in den zarten röhrenartigen Faſern der Gewächſe bis zum Gipfel und die Einſaugungen und Auswürfe der Säfte und Flüſſigkeiten in den abſorbirenden Gefäßen der lebenden thieriſchen Körper u. ſ. w. zu erklären geſucht. So richtig man aber dieß eingeſehen habe, ſo habe man doch bisher eine ganz verkehrte Methode bey dieſen Unterſuchungen beobachtet, indem man ſie mehr gewiſſen feſtgeſetzten Hypotheſen angepaßt, als nach richtig angeſtellten Verſuchen abgemeſſen hätte. Daher ſey es auch gekommen, daß von dieſen Erſcheinungen ſo viele willkührlich angenommene Urſachen entſtanden wären.

h) Diſſ. de tubulis capillaribus in comment. Petropol. T. II. p. 233. und in den Anmerk. über Jurin's Abhandl. ebendaſ. T. III. p. 281 ſqq.

i) Diſſ. phyſica experim. de tubulis capillaribus in ſ. diſſert. phyſ. et mathem. p. 271 ſqq.

wären. Dieß genau erwogen habe ihn veranlaßt, dieſen Gegenſtand etwas genauer zu unterſuchen, und dabey die ſicherſte und beſte Methode bey der Betrachtung der natürlichen Dinge in Ausübung zu bringen, nämlich zuerſt genaue und hinreichende Verſuche anzuſtellen, und von dieſen auf die Urſache der Erſcheinungen zurückzugehen.

Muſſchenbroek fand, daß in einem Haarröhrchen von $3\frac{1}{2}$ Fuß Länge, deſſen innere Hölung nicht dicker als ein Menſchenhaar war, das Waſſer auf 13 Zoll aufſtieg; nachdem er dieſe Röhre bis auf 2 Fuß verkürzt hatte, ſtieg das Waſſer bis auf $12\frac{1}{2}$ Zoll hoch. In einem andern Haarröhrchen von $\frac{1}{10}$ Lin. im Durchmeſſer der Oefnung und 3 Zoll Länge ſtieg das Waſſer auf $2\frac{1}{12}$ Zoll; nachdem es bis auf $2\frac{3}{4}$ Zoll Länge verkürzt war, erhob ſich das Waſſer bis auf 2 Zoll $8\frac{1}{4}$ Linie; wiederum bis zur Länge von $2\frac{1}{2}$ Zoll verkürzt ſtieg es auf 2 Zoll $8\frac{1}{2}$ Linie, und endlich in der 2 Zoll langen Röhre bis an die oberſte Oefnung. Aus dieſen und noch mehreren Verſuchen ſchließt Muſſchenbroek gegen Carré, daß das Waſſer in langen Röhren höher ſtehe, als in kürzern von gleichem Durchmeſſer der Oefnung. Er wundert ſich, daß Carré die Beobachtungen von Honoratus Fabri und Sturm nicht zu Rathe gezogen habe, welche wahrgenommen hätten, daß das Waſſer in Haarröhrchen ſich deſto höher über die Oberfläche des Waſſers erhoben habe, je höher ſie über ſelbige hervorgeragt hätten. — Allein in Muſſchenbroeks Verſuchen ſind die angeführten Unterſchiede ſo gering, daß nichts Zuverläſſiges daraus gefolgert werden kann. — Indeſſen zieht Muſſchenbroek daraus die Folge, daß die Urſache dieſer Erſcheinung in der ganzen Länge der

Röhre

Röhre verbreitet ſey; je länger nämlich das Haarröhrchen ſey, deſto größer ſey die wirkende Urſache, welche das Waſſer erhebe; es wirke daher dieſe Kraft in einer beträchtlichen Entfernung. — Allein wenn dieß wirklich die Urſache wäre, ſo müßte die Dicke der Röhrchen mit in Betrachtung kommen, welche aber auf das Reſultat der Verſuche nicht den geringſten Einfluß hat. —

In einer Glasröhre von $\frac{1}{3}$ rheinl. Linie Durchmeſſer und 43 Linien Länge ſtiegen verſchiedene Flüſſigkeiten auf ſolgende Höhen:

Waſſer -	26 Lin.	Vitriolöl - - -	26-27 Lin.
Alkohol -	18-19-	Rüböl - - -	21 -
Weinſteinöl	25-26-	Urin ein.geſ.Menſchen	33-34 -
Salpetergeiſt	20 -	Salmiakgeiſt - -	30-33 -

Aus dieſen Verſuchen beſtätigte er Carre's Satz, daß ſich die Höhen, auf welche verſchiedene Flüſſigkeiten in einerley Haarröhrchen ſteigen, nicht wie die ſpecifiſchen Gewichte der Liquoren verhalten.

Ueberdem fand Muſſchenbroek[k]), daß auch die Beſchaffenheit des Glaſes auf die Höhe, zu welcher einerley Flüſſigkeit in Haarröhrchen von einerley Durchmeſſer ſteigt, Einfluß haben könne. So ſtiegen in Haarröhrchen von gleichem Durchmeſſer aus holländiſchem Flaſchenglaſe:

Deſtillirtes Waſſer - -	3,40	Zoll rheinl.
Liquor anodynus - -	1,40	— —
Alkohol - - -	1,80	— —
Aetzender Salmiakgeiſt -	3,60	— —
Luftſaurer Salmiakgeiſt -	4,56	— —

Sal-

k) Introd. ad philoſoph. natural. T. I. p. 343.

Salpetergeiſt - -	2,07	Zoll rheinl.
Salzgeiſt - - -	2,07	— —
Vitriolgeiſt - - -	3,25	— —
Vitriolöl - - -	1,30	— —
Terpentinöl - - -	2,58	— —

In Haarröhrchen von demſelben Durchmeſſer, aber aus andern Glasarten, waren die reſpectiven Höhen dieſer Liquoren größer und kleiner.

Warum das Queckſilber im Haarröhrchen niedriger, als außen im Gefäße, ſtehe, erklärt ſchon Hamberger [1]) richtiger, als ſeine Vorgänger: die Theile des Queckſilbers cohärirten nämlich unter ſich, und es könnten daher keine Queckſilbertheile in das Haarröhrchen eindringen, bis dieſe Cohäſion durch die trennende Kraft überwunden ſey. Da nun das Queckſilber dem Glaſe nicht adhärire, ſo könne das Eindringen des Queckſilbers in das Haarröhrchen durch nichts weiter bewirkt werden, als durch den Druck des das Röhrchen umgebenden Queckſilbers. Soll aber dieſer Druck die Cohäſion der Queckſilbertheilchen überwinden, ſo müſſe er gerade ſo groß oder noch etwas größer ſeyn, als das Gewicht eines Queckſilbertropfens; es werde folglich das Queckſilber nicht eher in das Haarröhrchen dringen können, als bis es ſo weit eingetaucht ſey, daß das Gewicht einer Queckſilberſäule, welche wegen des äußern Drucks in das Haarröhrchen dringen ſollte, etwas größer iſt, als das Gewicht eines Queckſilbertropfens; denn alsdenn erſt werde das Gewicht derjenigen Queckſilberſäule, welche die Oefnung des Haarröhrchens niederwärts drucke, etwas größer, als die Cohäſion der Queckſilbertheile, ſeyn. Hieraus folgert Hamberger:

1) Elementa Phyſices. §. 171. ſchol. 1. 2.

1. daß an der Höhe des Queckſilbers im Haarröhrchen beſtändig gleich viel fehlen müſſe, man möge es ſo tief eintauchen, als man wolle.

2. Daß, je enger das Haarröhrchen ſey, das Queckſilber deſto tiefer ſtehe; denn je enger ein Cylinder ſey, eine deſto größere Höhe müſſe er beſitzen, wenn er der Capacität eines Queckſilbertropfens gleich ſeyn ſolle. Muſſchenbroek ſchließt noch aus ſeinen Verſuchen, daß in dieſem Falle die Höhe des Queckſilbers außerhalb des Haarröhrchens zu der in demſelben ſich umgekehrt wie die Durchmeſſer der Haarröhrchen verhalten. Die Durchmeſſer ſeiner Röhrchen verhielten ſich nämlich wie 50 zu 7 d. i. beynahe wie 7 zu 1; und die von ihm beobachteten Unterſchiede der Höhen des Queckſilbers im Gefäße und Haarröhrchen waren 2 und 14 Linien, alſo wie 1:7, deren umgekehrtes Verhältniß wie 7:1 iſt [m]).

Unter allen aber hat Joſias Weitbrecht [n]) die ſchätzbarſten Bemerkungen und Verſuche über dieſen Gegenſtand gemacht. Die nächſte Urſache dieſer Erſcheinung leitet er von der Anziehung des Glaſes, und der gegenſeitigen Cohäſionskraft der Waſſertheilchen her, indem er vorausſetzt, daß die Cohäſion geringer, als jene Anziehung ſey. Seiner Vorſtellung zu Folge müſſe man ſich das Waſſer, welches das Haarröhrchen enthalte, in zwey Theile getheilt denken, wovon der eine Theil eine Waſſerſäule ſey, welche in der Mitte des Röhrchens hange, der andere Theil aber eine Waſſerröhre von einer geringen und allent-

m) Diſſ. phyſ. et mathemat. p. 303.

n) Tentamen theoriae, qua aſcenſus aquae in tubis capillaribus explicatur in comment. Petrop. T. VIII. p. 261.

allenthalben gleichen Dicke, welche jenen Waſſercylinder umgebe, und an der innern Wand des Haarröhrchens hange. Nun zeigt er, daß der Waſſercylinder bloß mit dem äußerſten Waſſerringe der Waſſerröhre cohäritend ſey, welcher Waſſerring von der anziehenden Kraft des Glaſes im Haarröhrchen erhalten werde, ſo wie der übrige Theil der Waſſerröhre von der Fläche des Haarröhrchens gehalten werde. Das Aufſteigen des Waſſers in den Haarröhrchen leitet er von der ſtufenweiſe wirkenden anziehenden Kraft der ganzen innern Glasfläche und von dem Zuſammenhange der Waſſertheilchen auf dieſe Art her: Der unterſte Ring der Glasröhre, indem er die Fläche des Waſſers berührt, zieht den erſten Ring der erwähnten Waſſerröhre an, welchem die erſte Schicht des Waſſercylinders vermöge der Cohäſion folgt; der nächſtfolgende Ring der Glasröhre ergreift den Rand dieſer erſten Schicht des Waſſercylinders, und bildet nun den andern Ring der Waſſerröhre; da nun auf ſolche Art die erſte Waſſerſchicht höher erhoben wird, ſo zieht ſie zugleich vermöge der Cohäſion die andere Waſſerſchicht des Waſſercyliuders nach ſich. Auf dieſe Weiſe erheben ſich immer mehrere Waſſerſchichten, bis ſich ſo viel Waſſer erhoben hat, als die Röhre zu erhalten vermögend iſt.

Weitbrecht prüft auch einige Verſuche, welche dem erſten Anſcheine nach mit ſeiner Theorie nicht zuſammenzuſtimmen ſcheinen. Er bringt ſie vorzüglich auf drey Claſſen, deren erſte die cylindriſchen Röhrchen, die andere die koniſchen und die dritte die heberförmigen enthält. In Anſehung der cylindriſchen Röhren bemerkt er, daß in ein und demſelben Röhrchen das Waſſer auf ein und dieſelbe Höhe erhoben werde,

das

das Waſſer möge entweder durch dazwiſchen liegende Luftbläschen unterbrochen ſeyn, oder nicht; alles dieß folge nicht allein aus ſeiner Theorie, ſondern die Verſuche zeigten es auch. Wenn daher gewiſſe Verſuche dieſem Geſetze entgegen wären, ſo müſſe nothwendig eine äußere Urſache mitwirken. Ferner prüft er Muſſchenbroeks Meynung, daß nämlich das Waſſer in ſolchen Haarröhren, welche bey gleichem Durchmeſſer der Oefnung eine größere Höhe beſitzen, auch höher ſteige, als in niedrigeren, und daß die Urſache der Erhaltung des Waſſers in der ganzen Länge der Röhre verbreitet ſey. Denn wäre dieſe Urſache wirklich wahr, ſo würde ſeine Theorie völlig umgeſtoßen werden. Er führt aber nicht allein die Verſuche von Carré und Bülfinger, ſondern auch ſeine eigenen an, aus welchen ohne allem Zweifel erhellt, daß die Höhe, auf welche ſich das Waſſer erhebt, keinesweges von der Länge der Haarröhrchen abhange. Ueberdem zeigt Weitbrecht, daß ſelbſt Muſſchenbroeks Verſuche mit ſich nicht wohl beſtehen können. Was ferner diejenigen Röhrchen betrifft, welche verſchiedene Durchmeſſer der Oefnungen beſitzen, ſo beweißt er, daß die anziehende Kraft deſto größer ſey, je enger die Röhrchen ſind, daß folglich das Waſſer in dieſen höher ſteigen müſſe, als in weitern Haarröhrchen, und daß die Höhe des Waſſers beſtändig von dem Durchmeſſer derjenigen Peripherie abhange, mit welcher die höchſte Oberfläche deſſelben zunächſt adhäriret.

Gellert o) fand das geſchmolzene Bley, ſo wie das Queckſilber, in gläſernen und irdenen Haarröhrchen

o) Diſſ. de phaenomenis plumbi fuſi in tubis capillaribus. Comment. Petropol. T. XII. p. 293.

chen niedriger als von außen. Dieſe Erſcheinung erklärt er ganz richtig daraus, daß die Theile des geſchmolzenen Bleyes unter ſich ſtärker zuſammenhängen, als ſie vom Glaſe und Thone angezogen werden. Hieraus beweißt er mit Hülfe der Rechnung, daß ſich die Tiefe unter der äußern Horizontalebene verkehrt, wie die Durchmeſſer der Röhrchen, verhalte. Auch hatte Gellert[p]) den Einfall, mit prismatiſchen Haarröhrchen Verſuche anzuſtellen. Er fand, wie ſich ſchon aus der Analogie der cylindriſchen Haarröhrchen ſchließen ließ, daß das Waſſer in ſolchen Haarröhrchen deſto höher ſtieg, je enger ſie waren, und daß ſich die Höhen umgekehrt wie die Quadratwurzeln der Grundflächen verhielten.

Der P. Gerdil[q]) iſt mit den Erklärungen der Haarröhrchen durchs Anziehen nicht zufrieden, weil man ſich darunter gar keine Vorſtellung von einer mechaniſchen Urſache machen könne. Vielmehr nimmt er den Druck der Luft als eine der vorzüglichſten wirkenden Urſachen dieſer Erſcheinungen an. Wenn man, ſagt er, auch einwenden wollte, daß alle Phänomene der Haarröhrchen im luftleeren Raume eben ſo gut, wie im luftvollen, erfolgten, ſo wären doch alle dieſe Erfahrungen bloß im luftleeren Raume der Luftpumpe gemacht worden, und es ſey bekannt, daß dieſer keine vollkommene Leere wäre. Die zurückgebliebene Luft beſitze noch Kraft genug, um eine beträchtliche Wirkung hervorzubringen. Allein außer der im Recipienten zurückgebliebenen Luft gebe es noch eine flüſſige Mate-

p) Diſſ. de tubis capillaribus priſmaticio. ibid. p. 302.

q) Diſſ. ſur l'incompabilité de l'attraction et de ſes differentes loix, avec les phénomènes et ſur les tuyaux capillaires. à Paris 1754. 12.

Materie, welche viel feiner, als die Luft wäre, und welche einen großen Einfluß bey Hervorbringung der Wirkungen im luftleeren Raume haben könnte. Die Exiſtenz einer ſolchen Flüſſigkeit ſey aber bewieſen 1. durch Erfahrungen an elektriſchen Verſuchen, 2. durch das Zodiakallicht, 3. durch die magnetiſche Flüſſigkeit, 4. durch das Licht und das Elementarfeuer, 5. durch die Vermehrung des Gewichts, welches Materien bey der Calcination unter einem Recipienten erhielten, und 6. durch die Flamme, welche ſich auch im möglichſt luftleeren Raume zeige.

Unter allen Beweisgründen, welche der P. Gerdil gegen die Erklärung der Haarröhrchen durchs Anziehen gerichtet hat, verdient bloß dieſer einzige angeführt zu werden. Es ſollte nämlich nach der Theorie der Anziehung das Queckſilber in einem goldenen Haarröhrchen über die äußere Oberfläche im Gefäße erhoben werden; allein Gerdil verſichert, daß es in dieſem nie ſo hoch geſtiegen ſey, als es im Gefäße ſelbſt ſtehe. Seiner Meynung nach liegt der Grund von dieſer Erſcheinung in dem Reiben des Queckſilbers, und in dem Widerſtande, welchen es der Trennung ſeiner Theile entgegenſetze.

Auch der P. Abat [r]) führt verſchiedene Verſuche an, welche ſeiner Meynung nach in keiner Theorie der Anziehung und Repulſion erklärt werden könnten.

1. In einem Haarröhrchen bleibe die Säule, welche beym Eintauchen in Waſſer in ſelbigem aufgeſtiegen ſey, in derſelben Höhe hangen, wenn man das Röhrchen aus dem Waſſer ziehe. Bemerke man nun

r) Amuſemens philoſophiques. à Marſeille. p. 529.

nun dieſe Höhe, und laſſe alsdenn einen Waſſertropfen an der äußern Wand des vertikal gehaltenen Haarröhrchens herablaufen, ſo werde er ſich an der unterſten Oefnung des Röhrchens in Form einer Halbkugel anſetzen, und man werde bemerken, daß ſich dieſer Tropfen im Röhrchen in die Höhe ziehe, und die zuvor bemerkte Höhe der Waſſerſäule um ein beträchtliches vergrößere. Laſſe man auf eben dieſe Weiſe noch einen andern Waſſertropfen an der äußern Wand des Röhrchens herablaufen, ſo werde die Höhe der Waſſerſäule noch mehr vermehrt. Nun meint Abat, das Haarröhrchen müſſe das Waſſer auf gleiche Art anziehen, es möge entweder ins Waſſer eingetaucht werden, oder außerhalb deſſelben ſich befinden. Es könne nämlich nicht mehr Waſſer in ſich ziehen, man möge an der Grundfläche deſſelben entweder einen Tropfen Waſſer bringen, der ſich daſelbſt in Form einer Halbkugel anſetze, oder man möge die Grundfläche auf eine ebene Waſſerfläche bringen; denn in beyden Fällen bleibe das Glas daſſelbe, mithin müſſe auch dieſelbe Kraft wirken. Es ſey daher dieſe Erſcheinung der Theorie der Anziehung ganz entgegen.

2. Man nehme eine heberförmige Röhre (fig. 8.) abc von durchaus gleicher Weite, deren einer Schenkel bc viel kürzer als der andere ab iſt; dieſe tauche man ins Waſſer ſo, daß der kurze Schenkel bc ganz und gar mit der Mündung unter der Oberfläche ce des Waſſers ſich befindet; das Waſſer wird ſich über das Niveau deſſelben in den längern Arm ba erheben; zieht man hiernächſt das Röhrchen aus dem Waſſer heraus, ſo wird es über der Fläche ce beſtändig auf der nämlichen Höhe ef im längern Arme hangen bleiben. Wenn man aber hierauf auf die Oefnung c einen

nen Tropfen Waſſer bringt, ſo wird die Höhe ef der Waſſerſäule um ein beträchtliches größer werden. Der P. Abat erklärt dieſe Erſcheinung aus dem ungleichen Drucke der Luft auf die erhabenen Waſſertropfen.

3. Man befeuchte ein Haarröhrchen auf der innern Fläche, und bringe in ſelbiges in horizontaler Lage einen Waſſertropfen hinein; dieſer Tropfen wird ſich in die Mitte des Haarröhrchens begeben. Wenn hierauf das Röhrchen ein wenig gegen den Horizont geneigt wird, ſo ſenkt ſich der Waſſertropfen gegen den niederwärts gehaltenen Theil des Röhrchens, ohne jedoch an das Ende deſſelben zu gelangen; um letzteres zu bewirken, muß das Haarröhrchen eine große Neigung gegen den Horizont erhalten. Wenn aber der Tropfen einmal an das Ende des Röhrchens gekommen iſt, ſo läßt er ſich nun viel ſchwerer davon trennen, und er verläßt daſſelbe nur erſt alsdenn, wenn die Röhre in eine beynahe horizontale Lage gebracht worden iſt.

De la Lande[s]) wundert ſich, daß dieſe und ähnliche Einwürfe gegen die Theorie der Anziehung noch von keinem einzigen Geometer wären beantwortet worden. Er wolle daher ſuchen, alle Erſcheinungen der Harröhrchen auf richtige Grundſätze der Anziehung zurückzubringen, und dieſe Einwürfe daraus widerlegen. Seine Erklärung über das Aufſteigen des Waſſers in Haarröhrchen iſt dieſe: Wenn Waſſer in einem Gefäße ruhig ſtehe, ſo hätten alle lothrechte Säulen deſſelben einerley Gewicht, und alle Waſſertheilchen zögen einander gegenſeitig gleich ſtark an, ſo daß alles

s) Lettre ſur les tubes capillaires, addreſſée à Mſſ. les auteurs du journal des ſavans. Nov. 1768. p. 73.

alles im vollkommenen Gleichgewichte wäre, mithin müſſe ſich das Waſſer in einer vollkommenen horizontalen Fläche erhalten. Wenn man aber ein Haarröhrchen ins Waſſer tauche, ſo treibe der eingetauchte Theil deſſelben einen Theil einer ſolchen Säule aus der Stelle, und bewirke mehr Anziehung, als dieſer Theil. Dadurch würden die unter der Oefnung ſtehenden Waſſertheilchen aufwärts gezogen, und verlöhren etwas von ihrem Gewichte. Die innere Waſſerſäule im Haarröhrchen werde alſo leichter, und müſſe von den äußern weiter in die Höhe getrieben werden, bis das Gewicht des aufgeſtiegenen Waſſers der Anziehung der Röhre gleich ſey. Außerdem ziehe noch der untere Theil der Glasröhre, ſo weit ſein Wirkungskreis reiche, die anliegenden Waſſertheile gegen ſich, ohne daß dieſe Anziehung von andern unterwärts liegenden Glastheilen wieder aufgehoben würde. Endlich werde auch die Oberfläche des aufgeſtiegenen Waſſers von dem anliegenden Glasringe gegen ſich gezogen, und dieſer Anziehung wirke zwar eine gleich ſtarke Anziehung gegen das Glas nach unten entgegen, welche aber durch die Anziehung des Waſſers unter ſich ſelbſt vermindert werde. Dieß wären die drey Urſachen, welche vereint die Erhebung des Waſſers in den Haarröhrchen bewirkten. Setze man alſo die ganze Kraft, womit das Waſſer vom Glaſe, ſo weit deſſen Wirkungskreis reicht, angezogen werde, $= u$, und diejenige, mit welcher es vom Waſſer ſelbſt in gleicher Weite angezogen werde, $= e$, ſo iſt die geſammte Anziehung aus der erſten Urſache $u - e$; aus der zweyten Urſache ebenfalls $u - e$, und aus der dritten Urſache $u - (u - e) = e$; die ganze Anziehung alſo $= 2u - 2e + e = 2u - e$. Hieraus ſey alſo klar, daß, wenn auch die Kraft u des Glaſes viel kleiner als e wäre, den-

dennoch das Waſſer ſteigen müſſe, weil in dieſem Falle z u viel größer werden könne, als e. Alles dieß laſſe ſich auch auf das Queckſilber anwenden; wenn man nämlich das Haarröhrchen ins Queckſilber eintauche, ſo nehme es die Stelle eines kleinen Theils vom Queckſilber ein, und es könne die anziehende Kraft der nächſtliegenden Queckſilbertheilchen nicht überwinden; durch das Glas würden ſie aber oberwärts eine ſchwächere Anziehung gegen einander ausüben, welche der unterwärts nach dem übrigen Queckſilber gerichteten Anziehung nicht mehr das Gleichgewicht halten könnte; daher würde das Gewicht der Säule vermehrt, und die übrigen könnten ſie nicht mehr ſo hoch erhalten, als ſie ſelbſt wären; folglich müßten hier die Phänomene gerade das Gegentheil von denjenigen zeigen, welche bey den Haarröhrchen im Waſſer wahrgenommen würden.

Aus dieſer ſeiner Theorie ſucht nun de la Lande alle Einwürfe, die man gegen die Erklärung der Phänomene der Haarröhrchen durch Anziehen gemacht hat, zu widerlegen, und zugleich zu zeigen, daß die Anziehung ein ganz allgemeines Naturgeſetz ſey. Uebrigens führt er ganz richtig an, daß er, wie Weitbrecht, Nollet, Carré u.a., bey allen ſeinen Verſuchen, welche er mit Haarröhrchen von gleicher Dicke aber ungleicher Länge angeſtellt habe, die Höhe, auf welche das Waſſer in ſelbigen aufſteige, nicht, wie Muſſchenbroek beobachtet haben wolle, ungleich gefunden habe.

Die Vereinigung der mancherley ungleichartigen Subſtanzen, wenn ſie in die Berührung kommen, und die daher erfolgenden gegenſeitigen Einwirkungen derſelben, wodurch ſie ſich zu einem homogenen Ganzen ver-

verbinden, beruhen ganz auf den Zuſammenhang der materiellen Theile unter ſich. Der ältere Geoffroy hatte bereits angefangen, die vorzüglichſten Verbindungen und Zerſetzungen der Stoffe in Tabellen zu bringen. Man erkannte die Wichtigkeit ſolcher Unterſuchungen ſehr wohl, und ſahe ein, daß Kenntniſſe über dieſe Gegenſtände die ſicherſten Mittel zu den chemiſchen Operationen an die Hand gäben, uns Einſichten über die mancherley Verbindungen, welche die Natur hervorbringe, verſchafften, und überhaupt uns von den Produkten, welche verſchiedene Subſtanzen bey der Miſchung mit einander hervorbrächten, am richtigſten belehrten. In dieſer Hinſicht bemühten ſich die Herrn Gellert [t]) und Rüdiger [u]), die von Geoffroy angefangenen Verwandtſchaftstafeln in etwas zu verbeſſern. Auf das Jahr 1758 ſetzte die königliche Akademie zu Rouen einen Preis auf die Aufgabe: die Verwandſchaften welche bey den vornehmſten Miſchungen ſtatt finden, ſo wie es Geoffroy angefangen habe, zu beſtimmen, und ein phyſiſch-mechaniſches Syſtem derſelben aufzuſtellen. Unter den vielen Schriften, welche einliefen, erhielt vorzüglich die des Herrn Johann Philipp de Limburg [x]) den Preis. Dieſer unterſuchte zuerſt die Natur derjenigen Körper, bey welchen gegenſeitige Anziehungen wahrgenommen werden. In dieſer Rückſicht bringt er ſie unter drey Claſſen.

1.

t) Anfangsgründe der metallurgiſchen Chymie. Leipz. 1751. 1776. 8.

u) Syſtem. Anleit. zur Chymie. Leipz. 1756. 8.

x) Diſſert. ſur les affinités chymiques, qui a remporté le prix de phyſique de l'an 1758. à Liège 1761. 12.

1. Alle gleichartige Körper beſitzen die Eigenſchaft, ſich mit einander zu vereinigen, wenn ſie in Berührung kommen;

2. Die nämliche Eigenſchaft findet auch zwiſchen ſolchen ungleichartigen Subſtanzen ſtatt, deren meiſter Beſtandtheil homogen iſt. So vereinigen ſich ſehr leicht diejenigen Materien mit einander zu einem homogenen Ganzen, in welchen das Brennbare den beträchtlichſten Theil ausmacht.

3. Auch verbinden ſich ſolche Subſtanzen mit einander zu einer gleichartigen Maſſe, deren Beſtandtheile weſentlich von einander verſchieden ſind, wie z. B. Waſſer und Weingeiſt.

Hiernächſt prüft de Limburg die Theorien, welche über die Lehre der Verwandtſchaften aufgeſtellt worden ſind. Er zeigt durch auffallende und richtige Erfahrungen, daß die Phänomene der Verwandtſchaften ſich keinesweges aus mechaniſchen Urſachen erklären laſſen. Vielmehr glaubt er, daß ſie hauptſächlich von der Leichtigkeit, mit welcher ſich die Theile in der Berührung anziehen, abhangen. Sie beruhen auf folgende zwey Hauptumſtände; der eine, welcher weſentlich iſt, beruht auf der Eigenſchaft, daß ſich verſchiedene Subſtanzen gegenſeitig einander nähern, welche man allgemein unter dem Nahmen der Anziehung kennt; der andere beſteht in einer gewiſſen Aehnlichkeit der Theile, durch welche ihre Berührung unter einander erleichtert wird.

Aus ſeinem aufgeſtellten Syſteme glaubt er folgende Regeln oder Geſetze herleiten zu können.

1. Daß zwey Subſtanzen, welche mit einander verwandt ſind, ſich vereinigen, und einen zuſammengeſetzten Körper bilden, wenn ſie in Berührung kommen.

2. Daß dieſer zuſammengeſetzte Körper gewöhnlich mit andern Subſtanzen verwandt ſey, welche einen Beſtandtheil des zuſammengeſetzten Körpers enthalten.

3. Daß er auch gegen diejenigen Subſtanzen eine Verwandtſchaft zeigt, deren Einer Beſtandtheil damit verwandt iſt.

4. Aber daß dieſe Verwandtſchaft geringer ſeyn werde, als wenn der eine Beſtandtheil, der mit dem zuſammengeſetzten Körper verwandt iſt, allein wäre, und daher freyer wirke.

5. Indeſſen vermehre ſich auch mannichmal dieſe Verwandtſchaft.

6. Daß, wenn man mit einem aus zwey Subſtanzen zuſammengeſetzten Körper eine dritte in Verbindung bringt, welche bloß mit der einen, aber nicht mit der andern verwandt iſt, und dieſe Verwandtſchaft viel größer, als die der beyden Subſtanzen unter ſich iſt, dieſe dritte Subſtanz die eine von den beyden trennen, ſich damit verbinden, und eine neue Zuſammenſetzung bilden wird.

7. Wenn die Verwandtſchaft dieſer dritten Subſtanz mit der einen und der andern der beyden vereinigten Subſtanzen beynahe gleich iſt, ſo werden ſich alle drey Subſtanzen zu einem Ganzen bilden.

8. Bisweilen wird die Verwandtſchaft durch weniger damit verwandte Subſtanzen unterbrochen.

9. Mannichmahl zeigt ein aus zweyen Subſtanzen zuſammengeſetzten Körper gegen Andere Verwandtſchaften, welche ſonſt keine für ſich gegen dieſelben hat.

Uebri-

Uebrigens erkannte de Limburg ſehr wohl, daß die Phänomene der Verwandtſchaften unter verſchiedenen Umſtänden mancherley Abweichungen gewähren, und daß die Stufenfolge derſelben bloß durch richtige Erfahrungen geordnet werden müſſe.

Le Sage [y]), welcher den andern Preis von der Akademie zu Rouen erhielt, glaubte alle Phänomene der Verwandtſchaften nach den Geſetzen der Anziehung zu beurtheilen, oder vielmehr aus dem Stoße abzuleiten, welche durch die Anziehung bewirkt werde, verbunden mit folgendem Principe: daß ſich nämlich die Subſtanzen von einerley Natur gegenſeitig mit einer größern Kraft nähern und mit einander verbinden, als die Subſtanzen von verſchiedener Natur.

Auch Marherr [z]) unternahm es, die ſogenannten Verwandtſchaftstafeln zu verbeſſern, und die Stufenfolge derſelben genauer zu beſtimmen.

Es hatten ſich ſchon mehrere große Mathematiker beſchäftigt, eine allgemeine Regel für den reſpektiven Zuſammenhang der Theile der feſten Körper aufzufinden. Die allgemeinſten Unterſuchungen hierüber waren von Varignon angeſtellt worden. Auch Bülfinger [a]) unterſuchte dieſe Sache eben ſo wie Varignon, und zeigte zugleich, wie Varignon's Regel auf einem kürzern Wege gefunden werde. Da aber alle dieſe Bemühungen in der Anwendung wenig brauch-

y) Eſſai de chymie mécanique. à Geneve. 4.

z) Diſſ. de affinitate corporum. Vindob. 1762. 8. ins Deutſche überſetzt von Baldinger: chemiſche Abhandlung von der Verwandtſchaft der Körper. Leipz. 1764. 8.

a) Commentar. Petropol. T. IV. p. 164 ſqq.

brauchbar waren, ſo unternahm es endlich Muſſchenbroek[b]), dieſen Gegenſtand genauer zu unterſuchen. Geſetzt, ſagt er, es gäbe eine ſolche allgemeine Regel, welche das Verhältniß zwiſchen der abſoluten und der reſpektiven Feſtigkeit der Körper beſtimmte, ſo ließe ſich doch daraus noch nicht beweiſen, wie groß die Cohärenz der Theile irgend eines gegebenen feſten Körpers ſey, wofern nicht erſt vorher durch Verſuche die abſolute oder reſpektive Feſtigkeit deſſelben bekannt ſey. Da man aber nur äußerſt wenige Erfahrungen hierüber, beſonders von Mariotte, beſäße, wie hätte man ſich überzeugen können, daß alle Körper eben ſo beſchaffen wären, als die, die man unterſucht hätte? Er habe daher zu zweifeln angefangen, ob es nicht zu voreilig geweſen ſey, eine allgemeine Regel feſtzuſetzen; und da er in der Phyſik ſehr oft wahrgenommen habe, daß gewiſſe beſondere Eigenſchaften der Körper einige allgemeine Regeln gar nicht zuließen, welche die Naturphiloſophen vorher feſtgeſetzt hätten, ſo ſey er auf den Gedanken gekommen, daß dieß hier vielleicht der nämliche Fall ſeyn möge. Ueberdieß habe er ſehr wohl überlegt, daß die Feſtigkeit und Biegſamkeit eines Körpers ungemein verſchieden ſeyn könne; nämlich anders in feuchtem Holze, anders in trockenerm, und noch anders in ſehr trockenem; größer in dem einen Körper und geringer in dem andern. Er habe es daher für rathſam gefunden, zuerſt genaue Verſuche anzuſtellen, ehe man noch eine allgemeine Regel feſtſetzen könne. Auch habe es ihm nicht gereuet, hierüber zweifelhaft geweſen zu ſeyn, da er aus mehreren Verſuchen überzeugt worden ſey, daß es überhaupt keine allge-

b) Introductio ad cohaerentiam corporum firmorum in ſ. diſſert. phyſic. et mathemat. p. 423 ſqq.

allgemeine Regel der reſpektiven Feſtigkeit gebe, weil das Verhältniß, welches zwiſchen der abſoluten und reſpektiven Feſtigkeit ſtatt finde, ungemein verſchieden ſey; bisweilen habe er es wie 3:1, bisweilen wie 18:1, und in mehreren Fällen das Mittel zwiſchen dieſen gefunden.

Was die abſolute Feſtigkeit der verſchiedenen Holzarten betrift, nach welcher die Zerreiſſung nach der Länge der Faſern geſchieht, ſo fand Muſſchenbroek, daß ſie bey gleich dicken Stücken ein und derſelben Holzart gar ungemein verſchieden iſt, nachdem der Stamm auf dieſem oder jenem Boden erwachſen, die Stücke aus der Mitte oder mehr gegen die Rinde zu, und zwar entweder nach der Mittags- oder Mitternachtsſeite hin, geſchnitten worden. Von ſeinen zahlreichen Verſuchen enthält folgende Tabelle einige der bekannteſten Holzarten: die Stücken Holz, welche in den Verſuchen gebraucht wurden, waren Parallelepipeda, die Grundflächen Quadrate, wovon jede Seite die Länge von 927 Rheinl. Zollen hatte. Sie wurden von nachſtehenden Gewichten zerriſſen.

Das Büchenholz	von	1250	Pfunden
Eſchenholz	—	1250	—
Eichenholz	—	1150	—
Lindenholz	—	1000	—
Erlenholz	—	1000	—
Ulmenholz	—	950	—
Tannenholz	—	600	—
Fichtenholz	—	550	—

Um die Feſtigkeit der Metalle zu unterſuchen, und zwar nicht allein der reinen, ſondern auch ſolcher Metalle, welche aus der Vermiſchung verſchiedener ungleichartigen Metalle zuwege gebracht werden, hat ſich

Muſſchenbroek davon Parallelepipeda, oder viereckte Stangen gießen laſſen, deren Querſchnitte 0,17 rheinl. Zolle ins Gevierte betrugen, dieſe mit dem einen dazu eingerichteten Ende ſenkrecht aufgehangen und befeſtigt, und an das andere Ende eine mit Ketten verſehene Wagſchaale mit Gewichten aufgehängt, die er ſo lange vermehrte, bis die Stange zerriß. Aus ſeinen vielen Verſuchen läßt ſich nicht wohl ein Auszug mittheilen, und ſie alle anzuführen würde zu weitläuftig ſeyn. Folgende Tabelle enthält nur die Reſultate der mit reinen Metallen angeſtellten Verſuche.

Gold	zerriß von	578	Pfunden
Kapellenſilber	- -	1156	—
Kupfer	- - -	638	—
Japaniſches Kupfer	-	573	—
Deutſches Eiſen	- -	1930	—
Engliſches Zinn	- -	150	—
Eine andere Sorte	-	188	—
Bancazinn	- - -	104	—
Engliſch Bley	- -	25	—
Spiesglasmetall	- -	30	—
Zink von Goslar	- -	76-83	—
Wismuth	- - -	85-92	—

Nach dem Guſſe geſchlagene Metalle wurden feſter; jedoch hatte dieß ſeine Grenzen, und ſie wurden bey zu lange fortgeſetztem Hämmern wieder weniger feſt.

Von den verſchiedenen Holzarten hat Büffon c) mehrere Verſuche im Großen angeſtellt.

Bewegung überhaupt.

Newton hatte die Lehre von der Bewegung weit vollſtändiger und beſtimmter, als alle ſeine Vorgän-

c) Expériences ſur la force des bois in den mem. de l'Academ. roy. des ſcienc. de Paris 1740. 1741.

gänger, entwickelt, und den Grund zu der höhern Mechanik gelegt. Seine Geſetze, oder, wie er ſie nennt, Axiome der Bewegung überhaupt aber gaben doch zu verſchiedenen Streitigkeiten Veranlaſſung. Er ſchrieb nämlich der Materie eine Kraft (vis inertiae) zu, vermöge welcher die Körper gegen Ruhe und Bewegung gleichgültig wären; um nun einen von dieſen beyden Zuſtänden zu verändern, ſey eine äußere Kraft erforderlich. Dieß hievon abhangende erſte allgemeine Geſetz der Bewegung, welches unter dem Nahmen des Geſetzes der Trägheit bekannt iſt, hat die nachfolgenden Phyſiker und Mathematiker ungemein beſchäftigt. Es iſt unläugbar, daß man aus dem Begriffe der Trägheit Folgen gezogen hat, welche darin gar nicht liegen.

De Crouſaz[d]) nahm zwar mit Newton an, daß ein jeder Körper gegen Ruhe und Bewegung gleichgültig ſey, behauptete aber nicht mit dieſem eine Trägheitskraft, oder eine Kraft, vermöge welcher auch der ruhende Körper widerſteht. Die äußere Urſache, welche den Körper in ſeinem Zuſtande ändert, alſo entweder in Bewegung bringt, wenn er ruhet, oder in Ruhe verſetzt, wenn er bewegt iſt, liegt nach ihm nicht in der Materie, ſondern ſie iſt vielmehr ein denkendes Weſen, welches er in die Gottheit ſelbſt ſetzt. Auf ſolche Art macht alſo Crouſaz aus den Erſcheinungen der Natur lauter Wunderwerke.

Man ſahe aber gar wohl ein, daß man von dem Widerſtande, den die Körper dem ankommenden entgegen-

d) Eſſai ſur le mouvement, où l'on traite de ſa nature, de ſon origine, de ſa communication en général etc. à Gron. 1726. 4.

gegenſetzen, und von der Mittheilung der Bewegung ſich gar keinen Begriff machen könne, wenn man nicht den Körpern eine Kraft zuſchriebe. Daher haben die meiſten Phyſiker mit Newton eine Trägheitskraft angenommen. Wenn man, ſagt Nollet [e]), zweyen Körpern, welche in Anſehung ihrer Dichtigkeit verſchieden ſind, einen gleichen und ähnlichen Umfang giebt, ſo werden beyde nicht gleich ſtark widerſtehen, wenn ſie mit gleicher Kraft angetrieben werden; daher ſchreibe man den Körpern eine Trägheitskraft zu; dieſe ſey, wie die Schwere, der Menge der Materie oder der Maſſe eines jeden Körpers proportional. Man müſſe aber die Trägheitskraft nicht mit der Schwere verwechſeln; denn erſtere widerſtände der Bewegung nach allen möglichen Richtungen, dieſe aber nur von oben nach unten. Hange man zwey gleich große und gleich ſchwere Bleykugeln an einem Faden auf, und es komme die eine Kugel mit 4 Grad Geſchwindigkeit an, ſo müßten nach dem Stoße beyde Kugeln mit dieſer Geſchwindigkeit fortgehen, wenn die geſtoßene keinen Widerſtand leiſte, mithin keine Trägheitskraft beſäße. Daß aber dieſer Widerſtand nicht von der Luft herrühre, beweißt er dadurch: 1. weil er auch im luftleeren Raume ſtatt findet. 2. Weil Widerſtand der Luft ſelbſt Trägheit vorausſetzt, und 3. weil ſich die Trägheit nicht wie die Oberfläche verhält.

Andere, wie z. B. der P. Gordon [f]) und Kratzenſtein [g]) hielten die Trägheitskraft für einerley

e) Leçons de phyſ. experiment. Vol. II. leç. 3.

f) Phyſic. experiment. elementa. Erfurd. 1751. 8. T. I. p. 42.

g) Diſſ. Amolitio vis inertiae et vis repulſivae. Havn. 1770. 8.

ley mit der Schwere. Euler [h]) wollte ſogar aus der Kraft der Trägheit, welche dem zur Denkkraft gehörigen Vermögen, ſeinen Zuſtand unaufhörlich zu verändern, gerade entgegengeſetzt ſey, beweiſen, daß ſelbſt Gott der Materie keine Denkkraft verleihen könne.

Endlich aber hat Käſtner [i]) gezeigt, daß der Ausdruck Trägheitskraft einen wahren Widerſpruch in ſich enthält, und ein Unding iſt. Er ſtellt dieſe Sache weit richtiger dar, ob er gleich auch, meiner Meynung nach, Folgen aus dem Begriffe der Trägheit zog, welche darin gar nicht liegen. Er bemerkt ganz richtig, daß, wenn ein Körper in Bewegung verſetzt, oder die Richtung und Geſchwindigkeit eines bewegten Körpers geändert werden ſoll, eine äußere Urſache, *eine Kraft*, erfordert werde, welche Bewegung hervorzubringen oder zu ändern ſtrebt. Iſt keine ſolche Urſache vorhanden, ſo beharrt der ruhende Körper in ſeiner Ruhe, und der bewegte ſetzt ſeine Bewegung ungeändert nach der vorigen Richtung und mit gleichförmiger Geſchwindigkeit fort. Trägheit der Körper iſt alſo nichts weiter als Gleichgültigkeit gegen Ruhe und Bewegung, oder der Satz des zureichenden Grundes auf die Veränderung des Zuſtandes der Körper angewandt. Unter Zuſtand wird hiebey Ruhe verſtanden, wenn der Körper ruht, Richtung und Geſchwindigkeit, wenn er ſich bewegt. Erfolgen dergleichen Veränder

h) Enodatio quaeſtionis, utrum materiae facultas cogitandi tribui poſſit, nec ne; in opuſc. var. argum. T. I. Berol. 1746. 4. p. 277 ſqq.

i) De inertia corporum in ſ. diſſ. math. et phyſ. n. X. p. 75. und Anfangsgründe der höhern Mechanik. Abſchn. I. Cap. 2.

änderungen, ſo erfordern wir allemal das Daſeyn einer Urſache; denn wenn wir ſie ſelbſt hervorbringen wollen, ſo fühlen wir die Urſache in uns, und ſehen auch in andern Fällen, daß Urſachen dazu verwendet werden, die ſonſt etwas anders, als z. B. Druck, Spannung u. d. gl. bewirkten, welche aber dieß zu bewirken augenblicklich aufhören, ſobald ſie ſich auf ſolche Aenderungen verwenden. Iſt keine ſolche Urſache da, ſo ſehen wir auch die Körper in ihrem vorigen Zuſtande beharren. Da alſo ein Körper, um in ſeinem vorigen Zuſtande zu beharren, keiner beſondern Kraft bedarf, ſo iſt Trägheitskraft ein Ausdruck ohne alle Bedeutung. Den Satz, daß die Trägheiten den Maſſen proportional ſind, erklärt Käſtner ſo: es werde eine doppelte, dreyfache, vierfache Kraft erfordert, einem Körper von doppelter, dreyfacher, vierfacher Maſſe eine gewiſſe Geſchwindigkeit zu geben, als einem Körper von einfacher Maſſe eben die Geſchwindigkeit beyzubringen nöthig iſt. — Allein meiner Meynung nach liegt dieſer letzte Satz in dem Begriffe der Trägheit gar nicht, wie am gehörigen Orte weiter gezeigt werden ſoll. — Käſtner glaubt nämlich, wie alle diejenigen, welche ſeiner Vorſtellung von der Trägheit Beyfall gegeben haben, daß ein Körper, der entweder an einem Faden aufgehangen worden, oder auf einer Unterſtützung liege, ſeiner Schwere gänzlich beraubt ſey, und er nun als ein nicht ſchwerer, ſondern als ein bloß träger Körper anzuſehen wäre; ein ankommender Körper habe alſo bloß die Trägheit deſſelben zu überwinden.

Newton hatte ſein zweytes Bewegungsgeſetz, oder Axiom, daß nämlich jede Geſchwindigkeitsänderung der wirkenden Kraft proportional iſt, ohne Beweis als nothwendige Folge des Grundſatzes angenommen,

men, daß ſich alle Wirkungen wie die Urſachen verhalten. So wirkt die beſchleunigende Kraft der Schwere auf alle mögliche Körper unſerer Erde gleich ſtark, und die Beſchleunigung richtet ſich nicht nach der Maſſe, ſondern bloß nach der Größe der wirkenden Kraft. Gegen dieſes von Newton als Axiom angenommene Geſetz erinnerte Daniel Bernoulli [k]), es ſey das Weſen und die Wirkungsart der Kräfte ſo wenig bekannt, daß ſich hier von der Größe der Urſache keine nothwendige Schlußfolge auf die Größe der Wirkung ziehen laſſe, und ſich vielleicht die Beſchleunigung eben ſowohl, wie das Quadrat, oder eine andere Funktion von der beſchleunigenden Kraft verhalten könne. Dieß gab Eulern [l]) die Veranlaſſung, einen Beweis dieſes Satzes zu verſuchen. Dagegen will d'Alembert [m]) lieber den zu erweiſenden Satz als eine Erklärung der beſchleunigenden Kraft annehmen: pour nous, ſagt er, ſans vouloir diſcuter, ſi ce principe eſt d'une verité néceſſaire ou contingente; nous nous contenterons de le prendre pour une définition etc. Nous entendrons donc par force accéleratrice ſimplement l'élément de la viteſſe. Allein da es hiebey darauf ankommt, zu beweiſen, daß die Beſchleunigung der beſchleunigenden Kraft proportional iſt, ſo iſt man in die Nothwendigkeit verſetzt, entweder von der beſchleunigenden Kraft eine neue Erklärung zu geben, oder den Satz zu erweiſen. Daher haben es

Käſt-

k) Examen principiorum mechanicae in comment. Petrop. T. I. p. 127.

l) Mechanica. L. I. §. 146 — 152. ingl. theoria motus corpor. ſolidor. Cap. III.

m) Traité de dynamique. art. 19.

Käſtner und Karſten für nöthig gehalten, eigene und keine weitere Einwendungen übrig laſſende Beweiſe dieſes Satzes zu geben. Statt des Ausdrucks: beſchleunigende Kraft, will Karſten lieber den Nahmen Beſchleunigung der Kraft.

Newton's drittes Bewegungsgeſetz, daß jeder Wirkung eine gleiche Gegenwirkung entgegengeſetzt ſey, hat zu falſchen Anwendungen Anlaß gegeben, und iſt faſt ganz allgemein mit dem Geſetze der Trägheit verwechſelt worden. Hamberger[n]) nahm an, daß die Gegenwirkung, oder der Widerſtand, welchen der Körper, auf den ein anderer wirkt, ausübt, eine wahre Kraft (Trägheitskraft) ſey. Er ſuchte dieſe Meynung durch folgende Erfahrungen zu erweiſen:

1. wenn man einen Keil in eine klein gemachte Spalte eines Stück Holzes nur feſte ſteckt, alsdenn das Stück Holz umdreht, ſo daß der Keil nach unten gekehrt iſt, und nun mit einem Hammer auf die entgegengeſetzte Seite des Holzes ſchlägt, ſo dringt der Keil in das Holz ein, und es ſpaltet zuletzt. Es ſcheint alſo der Keil der Richtung des Schlages ſich entgegen zu bewegen, und folglich Gegenwirkung auszuüben. Wenn man aber dieſe Erfahrung näher unterſucht, ſo wird man darin das nicht finden, was bewieſen werden ſoll; ſie läßt ſich vielmehr natürlicher aus der Langſamkeit herleiten, womit ſich Bewegungen mittheilen. Durch den Schlag auf das Holz wird nämlich demſelben eine große Geſchwindigkeit nach der Richtung des Schlages mitgetheilt. Mit dieſem Moment der Geſchwindigkeit bewegt ſich alſo das Holz niederwärts, ehe ſie noch dem Keil mitgetheilt werden kann, mithin verhält ſich hier der Keil ganz leidend, die

n) Elementa phyſices. §. 36.

die ſchnelle Bewegung des Holzes allein verurſacht, daß der Keil tiefer eindringen muß.

2. Bringt man eine kleine Schrotkugel nahe an den Rand des Tellers, und ſtößt an den gegenüberſtehenden Rand, ſo ſcheint ſich das Kügelchen dem Stoße entgegen zu bewegen. Im Grunde bewegt ſich aber das Kügelchen nicht, ſondern nur der Teller, welcher dem Kügelchen die Bewegung nicht ſogleich mittheilen kann; der Teller geht darunter weg, und die entgegengeſetzte Bewegung des Kügelchens, welche eine Gegenwirkung beweiſen ſollte, iſt gar nicht vorhanden.

3. Wenn man einen wenigſtens 4 Fuß langen und im Durchmeſſer 4 oder 5 Linien ſtarken hölzernen Stab mit beyden Enden auf die Ränder zweyer Gläſer legt, und nachher mit einem ſtarken Stück Holz auf die Mitte jenes Stabes mit Heftigkeit ſchlägt, ſo zerbricht ſelbiger, ohne daß die Gläſer im geringſten einigen Schaden erleiden.

4. Man hange einen ähnlichen Stab wie n. 3. an einen Faden auf, und ſtelle an das untere herabhangende Ende deſſelben ein kleines Medicinalglas ſo, daß ein kleiner Theil des Glaſes das Ende des Stabes berühre; hiernächſt ſchlage man mit einem ſtarken Stücke Holz nach der dem Glaſe entgegengeſetzten Richtung auf die Mitte des herabhangenden Stabes, ſo wird dieſer abermals zerbrechen, ohne daß das Glas nur im Geringſten bewegt wird; geſchieht aber der Schlag nach der Richtung des Glaſes, ſo wird dieſes der Richtung des Schlages entgegen heftig fortgeſtoßen, und oft zerbrochen.

Dieſe beyden letztern Wahrnehmungen laſſen ſich eben ſo, wie die n. 1. 2. erklären, und es folgt offenbar daraus nicht, was Hamberger erweiſen wollte.

Der

Der Ausdruck **Wirkung** bezeichnet überhaupt diejenige Veränderung, welche durch irgend eine phyſiſche Urſache hervorgebracht wird. Ueber das Maas der Wirkung, in ſo fern daraus auf die Größe der Urſache oder der Kraft geſchloſſen werden ſoll, iſt viel geſtritten worden. Eben dieß hat auch zu dem berühmten Streite zwiſchen den Carteſianern und Leibnitzianern über die Schätzung des Kräftenmaaßes Gelegenheit gegeben, von welchem bereits ein großer Theil im 3ten Bande S. 319 ff. erzählt worden iſt, und der nachher weiter erzählt werden ſoll. Inzwiſchen glaubte der Herr von **Maupertuis** das allgemeine Princip entdeckt zu haben, aus welchem ſich die vorzüglichſten Erſcheinungen der Natur herleiten ließen [o]). Mit dem Nahmen **Größe der Wirkung** (quantité d'action) verbindet er einen ihm eigenen Begriff, indem er darunter bey Bewegungen, welche durch Kräfte hervorgebracht werden, das Produkt aus der Maſſe des bewegten Körpers in ſeine Geſchwindigkeit und in den Raum, den er durchläuft, verſteht. Er ſtellt ſich nämlich vor, wenn ein Körper aus dem einen Orte in den andern gebracht werde, ſo ſey die Wirkung deſto größer, je größer die Maſſe des Körpers, je ſchneller die Bewegung, und je länger der Raum ſey, durch den der Körper gehe. In dieſem Sinne des Wortes Wirkung iſt bey den Geſetzen des Gleichgewichts, des Stoßes, ingleichen der Zurückwerfung und Brechung u. d. gl. die Größe der Wirkung allemal ein **Kleinſtes**. **Maupertui's** allgemeines Princip heißt alſo, daß bey allen in der Natur vorgehenden Verände-

run-

o) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris 1744. und eſſai de Coſmologie in den oeuvres. à Dresde 1752. 4. p. 21 ſqq.

rungen die dazu erforderte Größe der Wirkung die kleinſte mögliche ſey. Dieß Princip ſucht er unter dem Nahmen des Geſetzes der kleinſten Wirkung (principe de la moindre action) allgemein zu beſtätigen. In der Kosmologie bemüht er ſich, dieſen Satz ſogar als eine unmittelbare Folge aus den Eigenſchaften des göttlichen Weſens vorauszuſetzen, und nun als eine fruchtbare Grundregel der ganzen Mechanik und Optik zu betrachten, welche ſelbſt der Erhaltung der lebendigen Kräfte vorzuziehen ſey, und aus welcher ſich die Geſetze des Stoßes, des Gleichgewichts, der Brechung, Zurückwerfung u. ſ. f. als nothwendige Folgen ableiten ließen. Maupertuis ſetzte auf dieſe ſeine Entdeckung einen ſehr großen Werth, weil daraus die vornehmſten Naturgeſetze ſo ſchön gefolgert werden konnten. Indeſſen machte Samuel König p) Erinnerungen gegen das Geſetz der kleinſten Wirkung, ſuchte vielmehr die ſtatiſchen und mechaniſchen Geſetze aus der Betrachtung der lebendigen Kräfte herzuleiten, und bemerkte am Ende, daß ſchon Leibnitz eine weit ausgebreitetere Theorie der Wirkung beſeſſen habe, indem ſich in einem ſeiner Briefe an Hermann in Baſel folgende Stelle befinde: l'action n'eſt point ce, que vous penſés, la conſideration du temps y entre; elle eſt comme le produit de la maſſe par le temps, ou de temps par la force vive. J'ai remarqué, que dans les modifications des mouvemens elle devient ordinairement un Maximum ou un Minimum. On en peut déduire pluſieurs propoſitions de grande conſequence; elle pourroit ſervir à déterminer les courbes, que decrivent les corps attirés à un ou pluſieurs centres etc.

In

p) De univerſali principio aequilibrii et motus etc. in actis erudit. Lipſ. 1751. p. 125. ſqq. 162 ſqq.

In dieſer Stelle kommt der Begriff von Wirkung nach Maupertuis Beſtimmung völlig überein; denn das Produkt aus der lebendigen Kraft, oder MC^2, in die Zeit T d. h. $MC^2 T$, giebt MSC, weil der Raum $S = CT$ iſt.

Der Herr von Maupertuis nahm dieſe angeführte Stelle ſo auf, als ob er von König beſchuldigt würde, er habe die Entdeckung von Leibnitzen entlehnt, und für die ſeinige ausgegeben. Er verlangte von König, den Brief im Original darzulegen, und da dieſes nicht gleich bewerkſtelligt werden konnte, ſo miſchte Maupertuis die königliche preuſſiſche Akademie der Wiſſenſchaften in die Sache, von welcher er Präſident, König aber ein Mitglied war. Dieſe fällte gegen König ein Urtheil [q]), wogegen ſich dieſer öffentlich vertheidigte [r]). Auf ſolche Art ward der Streit von der Hauptſache abgelenkt, und auf das Benehmen der Perſonen und der Authenticität eines Leibnitziſchen Briefes gerichtet, ſo daß nun auch diejenigen Gegner des Herrn von Maupertuis Antheil nehmen konnten, welche ſich ſonſt um eine mathematiſche Frage nicht bekümmert hätten. Dieſe Gelegenheit benutzte insbeſondere der Herr von Voltaire, und verfertigte eine Anzahl luſtiger Schriften gegen de Maupertuis, wodurch dieſer aufs äußerſte entrüſtet wurde, bis ſich zuletzt die Sache mit der Ungnade des Königs gegen Voltaire und deſſen Entfernung von Berlin endigte.

Die

q) Jugement de l'Acad. roy. des ſcienc. de belles lettres ſur une lettre prétendue de Mſr. *Leibnitz*. Berlin 1752.

r) Appel au public du jugement de l'Acad. roy. etc. Leide 1752. 8.

Die lehrreichſte Vertheidigung des Satzes von der kleinſten Wirkung unternahm Euler [s]). Gegen Maupertuis haben auch einige Holländer, beſonders Martin Martens [t]), und Anton Brugmans [u]) geſchrieben. Man hatte ſich vornemlich Mühe gegeben zu zeigen, daß die Minima, welche bey den Geſetzen der Bewegungen vorkommen, nicht erſte Geſetze, ſondern Folgen aus den Eigenſchaften der Körper ſind, daß man alſo das Geſetz der Sparſamkeit in keinem Falle anwenden dürfe, wenn es nicht ſchon aus andern Gründen bekannt iſt, daß dabey die Wirkung ein Kleinſtes ſeyn müſſe. Auch hat dieſe Bemerkung gewiß ihre Richtigkeit. Inzwiſchen bleibt doch der Satz ſelbſt für ſich wahr. Kannte auch wirklich Leibnitz denſelben, ſo iſt doch von ihm bey dem Geſetze der Strahlenbrechung ein ganz anderer Grundſatz angenommen worden. Es behält alſo der Herr von Maupertuis immer das Verdienſt, dieſe Wahrheit mit ihrer Beſtimmung entdeckt, und auf eine ſehr ſcharfſinnige Art aus den Naturgeſetzen entwickelt zu haben.

Der Streit über das Kräftenmaaß zwiſchen den Carteſianern und Leibnitzianern iſt in dieſem Zeitraume noch ziemlich lebhaft geführt worden. Es iſt bereits im 3ten Theile S. 326 f. angeführt, daß der Herr von Leibnitz ſeiner Meynung durch die Eintheilung der

s) Diſſ. de principio minimae actionis. Berol. 1753. 4. und franz. in den mémoir. de l'Acad. de Pruſſe. 1753. p. 199.

t) Aanmerkingen der Beweging over de Wet von Sparſamheit. Amſt. 1752. 4.

u) Proeve over de waare grondwetten der Beweging en Ruſt. Leid. 1753. 4.

der Kräfte in lebendige und todte mehr Licht geben wollte. Einer der eifrigſten Vertheidiger des Herrn von Leibnitz, Johann Bernoulli x), nimmt auch die Eintheilung der Kräfte in lebendige und todte, aber in einer ganz andern Bedeutung, wie Leibnitz, an. Unter lebendiger Kraft verſteht er ein bloßes Vermögen zu handeln. Dieß ſagt Bernoulli ſelbſt, indem er ſich ſo ausdruckt: hinc patet, vim vivam (quae aptius vocaretur facultas agendi, gallice le pouvoir) eſſe aliquid reale, et ſubſtantiale, quod per ſe ſubſiſtit, et quantum in ſe eſt, non dependet ab alio; und in eben dieſer Schrift, vis viva non conſiſtit in actuali exercitio, ſed in facultate agendi. Wenn z. B. eine Kugel durch irgend eine Kraft in Bewegung verſetzt iſt, ſo wird nun der bewegten Kugel eine lebendige Kraft zugeſchrieben. Nach Bernoulli ſoll dieſe eine Fähigkeit ſeyn, Bewegung hervorzubringen, wenn ſie in ihrer Bewegung auf einen Körper ſtößt. Er hält dieſe Kraft für etwas ganz Eigenes und Subſtantielles, und daraus macht er den Schluß, daß ihre Größe ganz allein durch die Totalſumme aller von ihr erzeugten Wirkungen gemeſſen werden müſſe, ohne Rückſicht auf die Zeit zu nehmen, in welcher die Wirkungen erfolgen. Dieß giebt alſo natürlich Leibnitzens Maaß der Kräfte.

Aus dieſem Begriffe der lebendigen Kraft leitete Bernoulli das ſehr berühmt gewordene und wenigſtens in der Geſchichte ſehr merkwürdige Geſetz her: in der Körperwelt wird immer einerley Summe der Kräfte erhalten, und es geht keine lebendige Kraft verloh-

x) De vera notione virium vivarum in act. erudit. Lipſ. 1735. p. 210. u. opp. T. III. n. 145.

lohren. Dieſen Satz nannte man den Grundſatz von Erhaltung lebendiger Kräfte. Bernoulli hält dieß Geſetz für ſo einleuchtend, daß er behauptet, man würde es nur verdunkeln, wenn man unternehmen wollte, es zu beweiſen. Es wäre auf keine Weiſe zu läugnen, daß eine wirkende Urſache nie ganz oder zum Theil verlohren gehen könne, ohne vorher eine dem Verluſte gemäße Wirkung hervorgebracht zu haben. Die lebendige Kraft eines Körpers ſey etwas ſo Abſolutes und Poſitives, daß ſie in dem Körper bleiben würde, wenn es gleich dem Schöpfer gefiele, die übrige Körperwelt ganz zu zernichten. Würde daher die lebendige Kraft eines Körpers bey ſeinem Stoße an einen andern vermindert, ſo müſſe dagegen die lebendige Kraft des geſtoßenen Körpers um eben ſo viel zunehmen, woraus die beſtändige Gleichheit der Totalſumme lebendiger Kräfte nothwendig folge. Wenn man daher zwey Maſſen M und m ſetzt, deren Geſchwindigkeit vor dem Stoße C und c, nach dem Stoße aber V und v ſind, ſo muß dieſem Grundſatze gemäß und nach dem leibnitziſchen Kräftenmaaße ſeyn $MC^2 + mc^2 = MV^2 + mv^2$. Dieß hat auch ſeine Richtigkeit bey dem Stoße elaſtiſcher Körper. Aber gerade aus der Lehre der Bewegung elaſtiſcher Körper durch den Stoß haben die Vertheidiger der leibnitziſchen Meynung die meiſten Beweiſe genommen. Jurin [y]) und andere hatten den Leibnitzianern den Einwurf gemacht, daß zwey unelaſtiſche Körper, welche ſich einander mit ſolchen Geſchwindigkeiten begegnen, welche ſich verkehrt wie ihre Maſſen verhalten, doch nach dem Stoße in Ruhe bleiben. Um dieſem Einwurf zu begegnen, nahm Ber-

y) Principia dynamica. Philoſ. Tranſ. n. 476 et 479.

Bayerische Staatsbibliothek München

Bernoulli keine vollkommen harte Körper an; daher ſchienen ihm die Geſetze des Stoßes elaſtiſcher Körper hinreichend zu ſeyn, um den Satz von lebendigen Kräften als allgemein wahr zu betrachten. Von dem Stoße weicher unelaſtiſcher Körper behauptet er, daß hiebey ein Theil der lebendigen Kraft auf die Zuſammendruckung verwendet werde, welcher aber doch in den zuſammengedruckten Theilen zurückbleibe, und nur deßwegen nicht wieder thätig werde, weil die Weichheit des Körpers es hindere.

Was die todte Kraft betrifft, ſo hält Bernoulli dieſe mit dem Drucke für einerley; anderswo unterſcheidet er aber Druck von todter Kraft, wie Urſache und Effekt, indem er ſich ſo ausdruckt: la force morte eſt telle, que reçoit un corps ſans mouvement, lorsqu'il eſt ſollicité et preſſé de ſe mouvoir etc.

Der ſo berühmt gewordene Grundſatz der lebendigen Kräfte hat eigentlich folgenden Sinn: wenn ein Syſtem mehrerer Maſſen in Bewegung iſt, und dieſe Maſſen während der Bewegung in einander wirken, ſo iſt die Summe der Produkte aller einzelnen Maſſen in die Quadrate ihrer erlangten Geſchwindigkeiten in jedem Augenblicke eben ſo groß, als ſie ſeyn würde, wenn dieſe Maſſen nicht in einander gewirkt hätten. So ausgedrückt hat ihn d'Alembert[z]) aus andern Gründen, als den ſo ſehr verwirrten und ſchwankenden Begriffen von lebendigen Kräften, hergeleitet.

Auch hat man für Leibnitzens Meynung Beweiſe aus den zuſammengeſetzten Bewegungen herholen wollen. Bülfinger[a]) hat ſich beſonders um dieſe Beweiſ-

z) Traité du dynamique. Part. II.

a) De viribus corporis moti inſitis, earumque menſura, in Comment. Petrop. T. I. p. 43 ſqq.

Beweisart verdient gemacht. Der Satz, welcher ſeinem Gebäude zum Grunde liegt, iſt folgender: Ein Körper (fig. 9.) a, der zwey Bewegungen zu gleicher Zeit empfängt, eine nach der Richtung ab mit der Geſchwindigkeit ab, und eine andere, nach einer Richtung, welche mit der vorigen ſenkrecht verbunden iſt, mit der Geſchwindigkeit ac, bewegt ſich durch die Diagonale ad des Rechtecks abdc in eben der Zeit, in welcher eine jede von den Seitenlinien insbeſondere durchlaufen würde. Es ſind aber die nach den Seitenlinien gerichteten Kräfte einander nicht entgegengeſetzt, mithin kann die eine der andern auch nichts entziehen, und alſo wird die Kraft, die der Körper hat, wenn er beyden nachgiebt, nämlich wenn er ſich in der Diagonale bewegt, den Kräften nach den Seitenlinien zuſammengenommen gleich ſeyn. Nun würde dieß nach Carteſens Schätzung nicht ſtatt finden; denn die Diagonale ad iſt beſtändig kleiner, als die Summe der beyden Seitenlinien ab + ac; allein auch in allen andern möglichen Schätzungen würde die Kraft, die der Körper mit der Geſchwindigkeit ad hat, der Summe der Kräfte mit den Geſchwindigkeiten ab und ac nie gleich ſeyn, als nur in dem einzigen Falle, da dieſelben nach den Quadraten der Geſchwindigkeiten geſchätzt werden. Hieraus ſchließt alſo Bülfinger: die Kraft eines Körpers, der in wirklicher Bewegung iſt, könne durch nichts anders, als mit dem Quadrate ſeiner Geſchwindigkeit gemeſſen werden. — Bülfingers Beweis iſt auch an ſich richtig, nur die Anwendung beruht auf einem Irrthum; es kann auf keine Weiſe dargethan werden, daß die Kraft nach der Richtung der Diagonale den beyden Kräften nach den Seitenlinien zuſammen genommen gleich ſey: ſondern es liegt vielmehr in dem Satze, daß die wirkende Kraft

nach der Richtung der Diagonale eben das ausrichte, was beyde Kräfte zuſammen nach den Richtungen der Seitenlinien zuſammen ausrichten würden. Auf ſolche Art wird aber ſelbſt durch dieſen Fall Carteſens Meynung aufs vollkommenſte beſtätigt.

Der große Muſſchenbroek hat ſich ebenfalls für Leibnitzens Meynung erklärt, und einige Beweiſe dafür beygebracht. Einer davon iſt dieſer b): Wenn eine gewiſſe äußere Urſache, welche ſich mit einem gedruckten Körper zugleich mit bewegt, z. B. eine Feder (fig. 10.) bc, die an dem Widerhalte af befeſtigt iſt, einen Körper c fortſtoßt, gegeben worden: ſo wird ſie demſelben, wenn er in Ruhe iſt, 1 Grad Geſchwindigkeit mittheilen. Sobald aber der Körper dieſen Grad von Geſchwindigkeit erhalten hat, ſo werden zweymal mehr Federn erfordert, ihm den zweyten Grad von Geſchwindigkeit zu geben. Denn wenn ſich die Feder noch einmal allein ausſtreckte, ſo würde der Körper, der ſich ſchon mit eben dem Grade der Geſchwindigkeit wirklich bewegt, womit die Feder ſich ausdehnt, dieſelbe fliehen, und ihre Drucke nicht in ſich aufnehmen. Allein es muß die zweyte Feder hinzukommen (fig. 11.), welche verurſacht, daß der Punkt b, an welchem ſich die Feder db ſteifet, dem Körper mit der Geſchwindigkeit, womit er entfliehen würde, nachfolge, und daß auf dieſe Weiſe der Körper c, wie anfänglich in Anſehung der Feder bc, ruhe, damit er, wenn dieſe ſich ausſtreckt, den Grad der Geſchwindigkeit wie 1 erhalte. Eben ſo werden drey Federn erfordert, um dem Körper, der ſchon 2 Grade Geſchwindigkeit beſitzt, nun den dritten zu ertheilen. Einem Körper alſo, der ſchon n Grade Geſchwindigkeit hat, einen

b) Introd. ad philoſ. natur. T. I. §. 272 ſqq.

einen einzigen neuen zu geben, werden n + 1 Federn erfordert; mithin iſt die Anzahl der Federn, welche nöthig ſind, einem Körper einen gewiſſen Grad von Geſchwindigkeit zu ertheilen, wie die Anzahl der Grade, in welche die ganze Geſchwindigkeit des Körpers zertheilt iſt, d. i. die ganze Kraft der Federn, die einen Körper Einen Grad Geſchwindigkeit mittheilen, iſt wie die ganze Geſchwindigkeit, die der Körper alsdenn haben würde, wenn er dieſen Grad beſäße. Nun ſind in dem Dreyecke (fig. 12.) abc, deſſen Seitenlinien ab in gleiche Theile getheilt worden, die Linien de, fg, hi, kl, mn u. ſ. wie die Linien ad, af, ah, ak, am u. ſ.; folglich kann man die Linie da gebrauchen, um diejenige Feder anzuzeigen, welche dem Körper den erſten Grad Geſchwindigkeit ad ertheilt; die zweymal größere Linie fg, um die zweyfache Feder anzuzeigen, die den zweyten Grad Geſchwindigkeit df hervorbringt; die Linie hi, um die dreymal größere Feder anzudeuten, die den dritten Grad Geſchwindigkeit fh erzeugt u. ſ. w. Wenn man ſich nun die Linien de, fg u. ſ. w. unendlich nahe gedenkt, ſo werden ſie den ganzen Flächeninhalt des Dreyecks abc ausmachen. Mithin iſt die Summe aller Federn, welche in einem Körper die Geſchwindigkeit ab erzeugen, wie die Fläche abc, d. i. wie das Quadrat der Geſchwindigkeit ab. Nun ſtellen aber dieſe Federn die Kräfte vor, die zuſammen die in dem Körper gedachte Geſchwindigkeit hervorgebracht haben, und wie ſich die Anzahl der Kräfte, die in einem Körper wirken, verhält, ſo verhält ſich auch die in demſelben hervorgebrachte Kraft; alſo iſt die Kraft eines Körpers wie das Quadrat der Geſchwindigkeit, die er beſitzt.

Gegen dieſen von Muſſchenbroek geführten Beweis erinnert Kant [c]) ganz richtig, daß er mit den mechaniſchen Grundſätzen gar nicht zuſammenſtimmt. Denn wenn man die in einem Körper übergetragene Kraft nach der Summe gewiſſer Federn ſchätzen will, ſo muß man nur diejenigen Federn nehmen, welche ihre Gewalt in den Körper wirklich hineinbringen; allein diejenigen, welche in ihm gar nicht gewirkt haben, kann man auch nicht gebrauchen, um eine ihnen gleiche Kraft in den Körper zu ſetzen. Wenn daher ein Körper, welcher ſchon mit Einem Grade Geſchwindigkeit in Bewegung iſt, durch die Ausſtreckung von zwey Federn den 2ten Grad erhält, ſo wirkt von dieſen beyden Federn nur (fig. 11.) bc in ihm, db aber bringt nichts von ihrer Spannungskraft in den Körper hinein. Denn die Feder db ſtreckt ſich mit 1 Grade Geſchwindigkeit aus; der Körper c bewegt ſich aber auch ſchon mit 1 Grade, alſo flieht c den Druck der Feder, und dieſelbe wird ihn in ihrer Ausbreitung nicht erreichen können, um die Kraft ihrer Ausſpannung in ihn zu übertragen. Sie thut nichts weiter, als daß ſie den Widerhalt b, an welchen ſich die Feder bc ſteiſet, dem Körper c mit eben der Geſchwindigkeit, womit er ſich bewegt, nachträgt, damit derſelbe in Anſehung dieſes Körpers ruhe, und die Feder bc ihre Kraft, die wie 1 iſt, in ihn hineinbringe. Sie iſt alſo keine wirkende, ſondern nur eine Gelegenheitsurſache der Kraft, die auf dieſe Weiſe in c zu der erſtern hinzukömmt; die einzige Feder bc aber iſt die wirkende Urſache derſelben. Wenn ferner dieſer Körper ſchon 2 Grade Geſchwindigkeit beſitzt, ſo ertheilt

c) Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte. Königsb. 1746. 8. §. 108.

theilt ihm unter drey gleichen Federn nur die eine ihre Kraft und auch den dritten Grad ihrer Geſchwindigkeit, u. ſ. w. ins unendliche. Wenn alſo (fig. 12.) dc die erſte Feder iſt, deren Kraft in den Körper hineingekommen, und den erſten Grad, den Grad der Geſchwindigkeit ad in ihm erweckt hat, ſo hat die Feder αg, die ihr gleich iſt, ihm den zweyten Grad der Geſchwindigkeit gegeben, und ihre Kraft in ihn übergetragen; die Feder βi den dritten Grad u. ſ. w.; folglich macht die Summe der Federn $dc + \alpha g + \beta i + \gamma l + \delta n + \epsilon p + \zeta r + \eta t + \vartheta c = bc$ die ganze Größe der Kraft aus, welche an den Körper von ſeiner Ruhe an angewandt worden, und die in ihm die Geſchwindigkeit ab erweckt hat. Es verhält ſich aber bc wie ab; und bc iſt die Kraft, ab aber die Geſchwindigkeit; alſo iſt die Kraft wie die Geſchwindigkeit, und nicht wie das Quadrat derſelben.

Ein anderer mechaniſcher Beweis des Herrn Muſſchenbroek zur Beſtärkung des leibnitziſchen Kräftenmaaßes iſt dieſer: Man nehme einen hohlen Cylinder, an dem eine Feder feſt gemacht worden. Aus dem Cylinder muß ein Stab hervorgehen, der mit Löchern verſehen iſt, und der durch die Oefnung eines ſteifen Bleches durchgeſteckt iſt. Wenn man nun die ſtählerne Feder an dieſes Blech mit Gewalt andruckt und ſpannt, ſo daß der Stab durch die Oefnung deſſelben weiter herausragt, ſo kann man ſie in dieſer Spannung erhalten, indem man auf der hervorragenden Seite deſſelben einen Stift durch ein Loch des Stabes hindurchſteckt. Endlich hange man den Cylinder als ein Pendel an zwey Faden an irgend einer Maſchine auf, ziehe alsdenn den Stift heraus, ſo wird die Feder losſchnellen, und dem Cylinder eine

gewiſſe Geſchwindigkeit ertheilen, welche durch die erlangte Höhe erkannt wird. Man benenne dieſe Geſchwindigkeit mit 10. Hierauf mache man den Cylinder zweymal ſchwerer, als er vorher war, indem man in denſelben ſo viele Gewichte hineinlegt, als dazu nöthig iſt, und ſpanne die Feder, wie zuvor. Wenn man ſie alsdenn wieder losſchnellen läßt, ſo wird man durch die Höhe, die er erreicht, ſehen, daß die Geſchwindigkeit 7,07 Grade habe. Hieraus ſchließt nun Muſſchenbroek ſo: Die Feder war beydemal gleich ſtark geſpannt, und hat daher in beyden Fällen gleiche Kraſt gehabt, und da ſie jedesmal ihre ganze Kraſt anwendet, ſo hat ſie auch beydemale gleiche Kräſte in den Cylinder hineingebracht; alſo muß die Kraſt, die ein Körper von einfacher Maſſe mit 10 Graden Geſchwindigkeit beſitzt, derjenigen gleich ſeyn, die in einem andern, der eine zweyfache Maſſe und 7,07 Grade Geſchwindigkeit hat, anzutreffen iſt. Dieſes iſt aber auf keine andere Art möglich, als wenn man die Kraſt nach dem Produkt aus der Maſſe in das Quadrat der Geſchwindigkeit ſchätzt; denn alle andere mögliche Funktionen der Geſchwindigkeit laſſen dieſe Gleichheit nicht zu, aber nach der Quadratſchätzung allein ſind die Quadrate der Zahlen 10 und 7,07 ſehr nahe im verkehrten Verhältniſſe der Maſſen 1 und 2, folglich die Produkte derſelben in die gegenſeitigen Maſſen gleich. Es ſind daher, ſchließt er, die Kräſte nicht nach dem Maaße der Geſchwindigkeiten, ſondern nach dem Quadrate derſelben zu ſchätzen.

Der ganze Fehler dieſes Beweiſes liegt in dem Satze, daß die geſpannte Feder dem Cylinder in beyden Fällen, nämlich dem leichtern und dem ſchwerern, eine gleiche Kraſt ertheile. Denn es iſt aus mechaniſchen

ſchen Gründen klar, daß dieſelbe Feder bey gleicher Spannung dem Körper unter verſchiedenen Umſtänden verſchiedene Kräfte eindrucke. Es iſt nämlich die Kraft, die ſie dem Körper giebt, ein bloßer Erfolg, der nicht allein von der Kraft der Feder, ſondern zugleich von der Beſchaffenheit des angetriebenen Körpers abhängt, nachdem ſich dieſer länger oder kürzer unter den Druckungen der Feder befindet, d. i. nachdem er größer oder kleiner an Maſſe iſt; die Kraft der Feder an ſich aber iſt nichts weiter, als das Moment ihrer Ausſpannung. Nun iſt der zweymal ſchwerere Cylinder den Druckungen der Feder länger ausgeſetzt, indem dieſe ſich ausſtreckt, als der andere von einfacher Maſſe. Dieſen ſtößt die Feder mit gleicher Spannungskraft geſchwinder fort, und endigt den Raum ihrer Ausſtreckung mit ihm in kürzerer Zeit, als mit jenem. Weil aber das Moment der Kraft, welche die Feder in jedem Augenblicke den Cylindern eindruckt, in beyden gleich iſt, ſo muß der ſchwerere Cylinder durch den Antrieb der Feder mehr Kraft bekommen, als der leichtere. Folglich iſt diejenige Schätzung falſch, nach welcher dieſe Kräfte in beyden gleich befunden werden d. i. ſie können nicht nach dem Quadrate der Geſchwindigkeiten geſchätzt werden.

Die Carteſianer haben den Leibnitzianern nie mit mehr Zuverſicht Troz bieten können, als nachdem Jurin den Fall gefunden hat, wodurch man auf eine einleuchtende Art einſieht, daß die Verdoppelung der Geſchwindigkeit jederzeit nur die Verdoppelung der Kraft ſetze. Der Herr von Leibnitz leugnete dies in dem Verſuche einer dynamiſchen Abhandlung. Daſelbſt ſagt er nämlich: wenn die Körper A und B gleich, die Geſchwindigkeit von A aber 1, und die

von B = 2 iſt, ſo habe er nie gefunden, daß in B nur eine Verdoppelung der Kraft ſtatt finde. Jurin widerlegte dieſe Behauptung durch folgenden einfachen Fall: er nahm eine bewegliche Fläche, z. B. einen Kahn (fig. 13.) ab an, welcher ſich nach der Richtung bc mit der Geſchwindigkeit, wie 1, bewegt, und die Kugel c mit gleicher Bewegung mit ſich wegführt. Es hat alſo dieſe Kugel durch die Bewegung der Fläche die Geſchwindigkeit 1, und auch die Kraft 1. Er nimmt ferner auf dieſer Fläche eine Feder r an, welche an dem Widerhalte d losſchnellt, und der gedachten Kugel c vor ſich noch Einen Grad Geſchwindigkeit, und alſo auch Einen Grad Kraft ertheilt. Mithin hat dieſelbe zuſammen zwey Grade Geſchwindigkeit, und mit denſelben zwey Grade Kraft empfangen. Folglich zieht die Verdoppelung der Geſchwindigkeit nichts mehr als die Verdoppelung der Kraft nach ſich, und nicht wie die Leibnitzianer ſich fälſchlich überreden, die Vervierfachung derſelben.

Die Marquiſin von Chatelet, welche überhaupt vielen Antheil an dieſem Streite genommen hat, machte in ihrer Naturlehre gegen Jurin's Beweis einen unbedeutenden Einwurf. Einen etwas ſcheinbarern brachte Richter d) hervor. Dieſer meint, eben dieſelbe Kraft könne im Verhältniſſe gegen verſchiedene Dinge ſehr ungleich ſeyn. Die Feder r habe der Kugel c zwar in Anſehung der Dinge, die ſich mit dem Kahne zugleich in einer Richtung und Geſchwindigkeit bewegen, eine Kraft wie 1 ertheilt, allein in Anſehung der Gegenſtände, welche außerhalb dem Kahne in Ruhe wären, habe die Feder der Kugel nicht eine einfache, ſondern eine dreyfache Kraft gegeben. — Allein

d) Acta eruditor. Lipſ. 1735. p. 511 ſqq.

Allein ohne thätige Urſachen laſſen ſich keine Wirkungen gedenken. Wenn alſo in Beziehung der ruhenden Gegenſtände d. i. im abſoluten Verſtande, in dem Körper 4 Grade Kraft entſtanden ſeyn ſollten, und es wäre gleichwol nicht mehr wie 2 Grade abſolute Wirkung in demſelben ausgeübt worden, ſo müßten 2 Grade von ohngefähr und ohne alle wirkende Urſache entſtanden d. h. durch Nichts hervorgekommen ſeyn. —

Außer Jurin hat auch der Herr von Mairan [e]) ſehr ſcharfſinnige und gegründete Einwendungen gegen die Vertheidiger der Leibnitziſchen Meynung gemacht. Er wurde dadurch in einen Streit mit der Marquiſin von Chatelet verwickelt. Einer von ſeinen vorzüglichſten Beweiſen, woraus erhellet, daß die Schätzung der Kräfte nicht nach dem Quadrate der Geſchwindigkeit ſtatt finde, iſt dieſer: Wenn man die Einbuße einer Kraft eines Körpers, indem dadurch gewiſſe Hinderniſſe überwunden worden, mißt, ſo weiß man mit Sicherheit, wie groß die geſammte Gewalt des überwältigten Widerſtandes geweſen iſt; denn der Körper hätte dieſen Widerſtand oder dieß Hinderniß nicht überwinden können, ohne einen ihr gleichen Grad Kraft dabey aufzuwenden, und ſo groß denn dieſe in dem Körper zernichtete und verzehrte Kraft iſt, ſo ſtark iſt auch das Hinderniß geweſen, das ihm dieſelbe genommen hat, und auch die Wirkung, die auf dieſelbe Weiſe verübt worden iſt. Man nehme nun einen Körper an, welcher mit fünf Graden Geſchwindigkeit von dem Horizonte ſenkrecht in die Höhe ſteigt, und drucke, wie gewöhnlich, den Raum, oder die Höhe, die

e) Diſſ. ſur l'eſtimation et la méſure des forces motrices des corps. Paris 1741.

die er erreicht, durch den Inhalt des Dreyecks (fig. 14.) abc aus, in welchem die Linie ab die verfloſſene Zeit, bc aber die Geſchwindigkeit, womit er ſich zu der Höhe erhebt, ausdrucke. Die gleichen Linien ad, df, fh u. ſ. w. ſollen die Elemente der ganzen Zeit ab andeuten, folglich die kleinen Dreyecke, aus welchen die Fläche des großen zuſammengeſetzt iſt, und die alle ſo groß ſind, wie ade, die Elemente des ganzen Raums, oder die Anzahl aller Federn, die den Körper binnen der Zeit ab zudruckt. Folglich druckt der Körper in dem erſten Zeittheilchen bk, darin er anfängt, in die Höhe zu ſteigen, die 9 Federn zu, die er in dem Raume klbc antrifft. Er würde aber, wenn die Zurückhaltung dieſer Federn in ihm keine Kraft verzehrt hätte, oder wenn dieſer Verluſt immer wo andersher wäre erſetzt worden, annoch die Feder lmc dazu zugedruckt haben, die er jetzt nicht zudrucken kann, weil ihm gerade ſo viel Kraft, als er hiezu haben muß, bey der Zudruckung der andern aufgegangen iſt. Alſo iſt die Feder lmc das Maas derjenigen Kraft, die der Widerſtand der zugedrückten 9 Federn in dem Körper verzehrt hat. Nachdem er nun dieß verrichtet hat, ſo fährt er fort, mit dem Ueberreſte ſeiner Kraft, der ihm nach dem angezeigten Verluſte übrig geblieben iſt, weiter in die Höhe zu ſteigen, und druckt in dem zweyten Zeittheilchen kh die 7 Federn, die in dem Raume hikl angetroffen werden, zu. Hier iſt nun aufs neue klar, daß, wenn der Körper dieſe 7 Federn hätte zudrücken können, und ihm doch ſeine Kraft ganz verblieben wäre, er in eben derſelben Minute noch die Feder lin dazu zugedruckt und überwältigt haben würde; allein da er dieſes nicht gethan hat, ſo folgt, daß er durch die Zudrückung der übrigen 7 Federn den Grad verlohren habe, deſſen Ergänzung ihn in den Stand würde geſetzt

ſetzt haben, lin noch dazu zu überwältigen; folglich zeigt dieſe Feder die Größe des Verluſtes an, den der Widerſtand der 7 Federn ſeiner Kraft zugezogen hat. Auf eben dieſe Weiſe wird die Feder igo die Einbuße der Kraft durch die Zurückhaltungen der Schwere in dem dritten Zeittheilchen fh zu erkennen geben, u. ſ. w. So iſt alſo der Verluſt, den der frey in die Höhe ſteigende Körper erleidet, indem er das Hinderniß der Schwere überwindet, wie die Summe der nicht zugedruckten Federn lmc + iln + gio + egp + aeq, folglich auch die Größe des Hinderniſſes ſelbſt, welches er überwunden hat, und mithin ſeine Kraft, in demſelben Verhältniſſe. Und da die nicht zugedruckten Federn das Verhältniß der Zeiten oder Geſchwindigkeiten haben, ſo iſt die Kraft des Körpers auch wie dieſe.

Maclaurin[f]) hat den Vertheidigern des Leibnitziſchen Kräftenmaaßes vollſtändig gezeigt, daß ſie den Grundlehren der Statik und Mechanik, ihrem Lieblingsſatze zu gefallen, oft viele Gewalt angethan haben.

Unter allen, welche das Leibnitziſche Maaß vertheidigten, erklärt ſich Daniel Bernoulli darüber am richtigſten. Wenn man dasjenige lieſt, was er in der Abhandlung examen principiorum mechanicae (Comment. Acad. Petrop. T. I. p. 130—132,) davon ſagt, ſo ſieht man, daß er ſelbſt den ganzen Streit für einen Wortſtreit hält.

Nach Karſten [g]) iſt hiebey ſogar über ein Hirngeſpinſt geſtritten worden. Man könne, ſagt dieſer, dem

f) Account of Sir Iſaac Newtons Philoſophy. Diſcoveries Book II. Chap. 2.

g) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Th. IV. Mechanik. Abſchn. XVII. §. 269 ff.

dem bewegten Körper gar keine Kraft beylegen, mit welcher er fortgehe, ſich hebe, andere ſtoße u. d. gl. Alles, was er von dieſer Art thut, geſchehe vermöge ſeiner Trägheit, und weiter ſey in ihm nichts, was den Nahmen einer Kraft verdiene. Wolle man aber der bewegten Maſſe deßwegen eine Kraft zuſchreiben, die noch in etwas anderm, als in der bloßen Trägheit, beſtehen ſolle, weil ſie den Zuſtand der Bewegung anderer Körper ändern könne, ſo müſſe man aus eben der Urſache der ruhenden Maſſe gleichfalls eine Kraft beylegen. Denn die ruhende Maſſe könne ſo gut den Zuſtand der Bewegung anderer Maſſen ändern, ſo gut es die bewegte thun könne. Zwar rede man im gemeinen Leben ſo: die bewegte Maſſe M ſtoße die ruhende N fort, oder M ſetze N in Bewegung. Allein wenn man die Sache nach richtigen Begriffen beurtheilen wolle, ſo müſſe man wegen dieſer Redensarten nicht in der Maſſe M allein die Urſache der in N hervorgebrachten Bewegung ſuchen; ſondern vielmehr in beyden zugleich, weil beyde undurchdringlich wären. Habe dieß ſeine Richtigkeit, warum ſolle denn nicht auch die ruhende Maſſe N eine Kraft haben? da ſie doch die Bewegung der Maſſe M vermindere, und eben das, was die Schwere thue, wenn ein Körper aufwärts geworfen werde. Wäre N, wie der geometriſche Raum, durchdringlich, ſo wäre N nicht in Bewegung gekommen, und M hätte ſeine Bewegung unverändert behalten.

Dieſelben Erinnerungen hat auch ſchon Euler [h]) gemacht.

Ein

h) Sur la force de percuſſion, et de ſa veritable meſure, in den Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin. a. 1745. p. 21 ſq.

Ein bloß druckender Körper, fährt Karſten fort, drucke ja nicht ſelbſt, ſondern das, was drucke, müſſe wenigſtens in Gedanken von ihm unterſchieden werden. Es ſey wenigſtens etwas anders, als was wir Trägheit nennten. Falle das Hinderniß weg, was den Druck aufhalte, ſo ſey wiederum der Körper nicht ſelbſt dasjenige, was ihn bewege. Eben das, was vorhin druckte, ſey zugleich dasjenige, was ihn bewege. Höre dieß einmal auf, den Körper weiter zu beſchleunigen, ſo behalte zwar der Körper die letzte Geſchwindigkeit, und gehe damit vermöge ſeiner Trägheit gleichförmig fort. Allein was ſolle nun in dem Körper ſitzen geblieben ſeyn, das den Nahmen einer lebendigen Kraft verdiene? Man habe alſo geſtritten, wie Kräfte mit einander verglichen werden müſſen, und habe nicht daran gedacht, ob nicht das, was man meſſen wolle, vielleicht überall eine Chimäre ſey?

Uebrigens behauptet Karſten, daß die ſtatiſche Theorie von Zuſammenſetzung und Zerlegung der Kräfte überall bey dieſer Streitigkeit übel angebracht ſey. Dieſe Lehre laſſe ſich nur da anwenden, wo von Preſſungen die Rede ſey, und das wären die ſogenannten lebendigen Kräfte nicht. Es ſey gewiß ſehr ſonderbar, wenn die Diagonale und die Seitenlinien eines Parallelogramms facultates agendi vorſtellten, und die letztern ſo verglichen werden ſollten, wie man Preſſungen vergleiche. Daher falle alles von ſelbſt weg, was aus dieſer Theorie ſowohl für als gegen das Leibnitziſche Kräftenmaas, geſchloſſen worden ſey. In der ganzen Statik und Mechanik kenne er keine andern Kräfte, als Preſſungen, die entweder durch Hinderniſſe aufgehalten würden, oder die Maſſen wirklich bewegten, und deren Natur in beyden Fällen einerley ſey und bleibe.

Auf dieſe Begriffe, nebſt dem, was Trägheit heiße, laſſe ſich die ganze Mechanik bauen, und die ganze hier herrſchende Verwirrung komme ſeiner Meynung nach darauf an. Von einer mechaniſchen Kraft hätten wir einen bloß ſinnlichen Begriff, ſo wie z. B. von einer geraden Linie. Daher könnten wir aus dieſem Begriffe eigentlich nichts ſchließen, wir müßten vielmehr die erſten Grundſätze der geſammten Mechanik ſo gut, wie die erſten geometriſchen Grundſätze, aus ſinnlichen Empfindungen hernehmen. Druck, Zug, Stoß ſeyen Wörter, die wir im gemeinen Leben da gebrauchten, wo eigentlich von einer bewegenden Kraft die Rede ſey, und dieß ſey allemal etwas thätiges. Wir brauchten aber das Wort Kraft auch in unzähligen andern Fällen, wo es ein bloßes Vermögen bezeichne, wir ſchrieben Geiſtern Kräfte zu, dem einen eine größere, dem andern eine kleinere, wenn der eine mehr thun könne, als der andere. Dieſe Kräfte kennten wir noch weniger, als die mechaniſchen; wir hätten eigentlich, wenn wir es aufrichtig herausſagen wollten, gar keinen Begriff davon. Dieſe Art Kräfte aber habe man mit den mechaniſchen unter ein genus gebracht, und ſie auf ähnliche Art, wie die mechaniſchen, unter einander vergleichen wollen. So etwas, das in dieſem ſehr allgemeinen Verſtande Kraft heißen ſolle, habe man einem bewegten Körper auch zugeſchrieben. Dieß heiße aber, den metaphyſiſchen Begriff einer Kraft mit dem mechaniſchen verwirren, und die Mechanik in eine eben ſo dunkle Wiſſenſchaft verwandeln, als viele metaphyſiſche Syſteme es ſeyen.

Bey Riccati[i]) findet man eine ziemlich vollſtändige Sammlung alles deſſen, was ſich über das Maas

i) Dialogo di *Vinzenzio Riccati*: done ne' congreſſi di piu-

Maas der Kräfte ſagen läßt. Zanotti[k]) hat manche Erinnerungen gemacht, welche ganz das enthalten, was Riccati für das Maas der lebendigen Kräfte beygebracht hatte; und er hat ſich bemüht, die Frage blos durch metaphyſiſche Unterſuchungen zu erläutern, ohne aus der Geometrie und Mechanik etwas weiter anzunehmen, als die bekannteſten und gemeinſten Lehren.

Dieſer ganze berichtigte Streit endigte ſich endlich damit, daß man einſah, er ſey ein bloßer Wortſtreit geweſen, und daß in einem gewiſſen Sinne beyde Theile Recht haben. Bedeutet nämlich dx das Element des Raums, welchen ein Körper durchläuft, dt das Element der Zeit und p die Kraft des Körpers, ſo ergiebt ſich aus der mechaniſchen Grundformel, welche die Geſchwindigkeit ausdruckt, oder aus $c = \sqrt{2\int p dx}$ der Ausdruck $c = 2\sqrt{2\int p dx}$, wenn 4p ſtatt p geſetzt wird, d. h. eine vierfache Kraft theilt einer Maſſe eine vierfache Geſchwindigkeit mit, als eine einfache Kraft eben derſelben mittheilet. Laufen nun beyde Maſſen nach entgegengeſetzter Richtung mit der erlangten Geſchwindigkeit zurück; ſo widerſetzt ſich der letzten in jedem Augenblicke eine viermal ſo große Kraft als der erſten, und wenn beyde zur Ruhe kommen, ſo hat jene viermal ſo viel Widerſtand, als dieſe, überwunden. Hiebey wird die verfloſſene Zeit nicht betrachtet. In gleicher Zeit aber theilt die Kraft 2p der Maſſe M doppelt ſo viele Geſchwindigkeit mit, als ihr p mittheilen würde, nach der Grundformel $c = \int p dt$. Wenn

piu' gierante delle forze vive e dell' azioni delle forze morte ſi tieu diſcorſo. Bologna 1749.

k) Della forza de' corpi che chiamano vivi libri tre, del ſignore *Franceſco Maria Zanotti* etc. Bologna 1752.

Wenn nun beyde Maſſen, wie zuvor, zurücklaufen, ſo kommen ſie in gleicher Zeit zur Ruhe, und wenn dies erfolgt, ſo hat jene Maſſe doppelt ſo viel Widerſtand, als dieſe, überwunden. Auf ſolche Art iſt alſo der Streit gehoben, wenn nur beyde Theile auf die Zeit der Bewegung Rückſicht nehmen.

Centralbewegung.

Newton hatte ſeine Theorie von der Mechanik des Himmels vermittelſt der Syntheſis dargeſtellt. Es iſt aber ſehr wahrſcheinlich, daß er die meiſten ſeiner Lehrſätze durch die Analyſe gefunden habe, aber ſeine Vorliebe zur Syntheſis und ſeine große Achtung für die Geometrie der Alten beſtimmten ihn, dieſe Lehrſätze, und ſelbſt ſeine Fluxionsmethode, in die ſynthetiſche Form einzukleiden. Es iſt zu bedauern, daß er bey ihrer Darſtellung nicht den Weg, auf welchem er dazu gelangt war, eingeſchlagen hat. Denn die Methode, welche ein ſo ſcharf denkender Mann befolgte, iſt der Aufnahme der Wiſſenſchaften und ſelbſt ſeinem eigenen Ruhme nicht weniger zuträglich, als ſeine Entdeckungen. Newton's Neigung zur Syntheſis läßt ſich mit der Schönheit und Leichtigkeit entſchuldigen, womit er ſeine Unterſuchungen über die Bewegung der Körper in den Kegelſchnitten an die Unterſuchungen der alten Geometer über die Natur dieſer Curven anknüpfen konnte. Die geometriſche Syntheſis hat überdem noch den Vorzug, daß ſie ihren abzuhandelnden Gegenſtand beſtändig vor Augen behält, und den ganzen Weg, von den erſten Grundbegriffen und Grundſätzen an, bis zu den letzten Folgerungen erleuchtet: anſtatt daß die Analyſe uns den Gegenſtand vergeſſen läßt, um uns mit abſtracten Combinationen zu beſchäfftigen, und uns erſt am Ende wieder zu demſelben zurückbringt. Indem man

man ſich aber auf ſolche Art von den Gegenſtänden abſondert, nachdem man von ihnen ſo viel herausgenommen, als unentbehrlich iſt, um zu dem zu ſuchenden Reſultate zu kommen; indem man ſich ſofort den Operationen der Analyſe überläßt, und alle ſeine Kräfte anwendet, um die Schwierigkeiten, die ſich dabey vorfinden, zu überwinden; ſo wird man durch die Stärke und Allgemeinheit dieſer Methode auf Reſultate geführt, welche der Syntheſis oft unzugänglich ſind. Die Theorie der Mechanik des Himmels ſtellt eine Menge Beyſpiele dieſer Vorzüge der Analyſe auf, welcher dieſe Theorie eine Vollkommenheit verdankt, die ſie nie erreicht haben würde, wenn man darauf beſtanden hätte, die von Newton vorgezeichnete Bahn zu verfolgen.

Etwa funfzig Jahre verfloſſen von der Entdeckung der allgemeinen Schwere an, ohne daß man etwas merkwürdiges zu derſelben hinzuſetzte. Dieſe ganze Zeit war dieſer großen Wahrheit nöthig, um allgemein gefaßt zu werden, und zugleich die Analyſe zu einem gewiſſen Grad der Vollkommenheit zu bringen, um ſie mit dem glücklichſten Erfolge auf die himmliſchen Bewegungen anzuwenden. Vorzüglich bemüheten ſich Bernoulli und Euler, und mehrere andere franzöſiſche Gelehrte, die Centralbewegungen auf Differenzialgleichungen zu bringen, welche ſich genau oder durch convergirende Näherungen integriren ließen. Auf ſolche Art gelang es ihnen, alle bekannten Erſcheinungen des Weltſyſtems aus dem allgemeinen Geſetze der Schwere zu erklären.

Zur Erläuterung der Centralbewegungen hat man auch auf Vorrichtungen gedacht, welche unter dem Nahmen der Centralmaſchinen bekannt ſind. Eine

ſolche beſchreibt ſchon s'Graveſande. Auch Nollet [1]) giebt von einer Einrichtung dieſer Art eine Beſchreibung, welches beſonders berühmt geworden iſt. Fig. 15. ſtellt einen dazu gehörigen Träger vor, welcher ſich mitten auf die umzudrehende Scheibe ſtecken läßt. Von c bis d iſt ein glatter Eiſendrath gezogen, unter welchem auf dem Träger ſelbſt eine in Zolle getheilte Linie hingeht. An dieſen Drath laſſen ſich durchbohrte elfenbeinerne Kugeln f und e ſtecken, welche leicht und ohne ſtarke Reibung daran hingleiten. Setzt man von zwey gleich großen Kugeln, welche mit einem ſeidenen Faden verbunden ſind, die eine über den Mittelpunkt a, die andere um die Länge des Fadens vom Mittel entfernt, ſo wird bey Umdrehung der Scheibe und des Trägers die entferntere Kugel gegen das nächſte Ende des Trägers zu fliehen, und die andere mit ſich fortreißen. Wird der Faden zerſchnitten, ſo geht zwar jene nach dem Ende zu, läßt aber die in a zurück. Werden beyde, ſo wie es die Figur darſtellt, in gleiche Entfernungen von a gebracht, ſo bleiben ſie beyde ſtehen, ſo ſchnell auch die Umdrehung erfolgt. Zerſchneidet man den Faden, ſo geht f nach c und e nach d.

Nimmt man ſtatt der elfenbeinernen Kugeln zwey gleich groß meſſingene, die aber ſo ausgehölt ſind, daß ſich ihre Maſſen wie 1 zu 2 verhalten, und ſtellt ſie in gleiche Entfernungen vom Mittel, ſo flieht bey der Umdrehung die ſchwerere gegen das nächſte Ende, und reißt die leichtere mit ſich fort. Stellt man aber die leichtere in eine doppelte, und die ſchwerere in eine einfache Entfernung vom Mittelpunkte, ſo bleiben beyde an ihre Stellen.

Füllt

1) Leçons de phyſique exper. T. II. leç. 5. ſect. 2. exp. 1.

Füllt man in eine gläſerne Röhre flüſſige Materien von verſchiedenen ſpecifiſchen Gewichten z. B. Queckſilber, Waſſer und Luft, und befeſtigt dieſe Röhre verſchloſſen auf den Träger in einer ſchiefen Lage, wie gd, ſo wird bey ſchneller Umdrehung das Queckſilber den höchſten, und die Luft die niedrigſte Stelle in derſelben einnehmen.

Alle dieſe Verſuche ſtimmen mit der Theorie der Schwungkraft bey der Kreisbewegung völlig überein. Es iſt nämlich hier die Schwungkraft wie das Produkt der Maſſe in die Entfernung vom Mittelpunkte.

Bey dem Verſuche mit der Glasröhre, welche Flüſſigkeiten von verſchiedenen ſpecifiſchen Gewichten enthält, bewegen ſich die leichtern Materien mit größerer Geſchwindigkeit; aber die Schwungkraft der ſchwereren wird wegen ihrer beträchtlichen Maſſe in einem weit größern Verhältniſſe verſtärkt. So treibt die erſte ans Waſſer grenzende Lage des Queckſilbers das Waſſer aus der Stelle, ihr folgt die zweyte nach u. ſ. f. bis endlich die ſchwerſte Materie an die äuſſerſten Theile des Umkreiſes gedrungen ſind.

Auch hat man Vorrichtungen angegeben, durch welche ſich elliptiſche Bewegungen auf der Centralmaſchine hervorbringen laſſen. Allein in der Ausführung ſind ſie vielen Schwierigkeiten ausgeſetzt, und verbreiten überdem nicht das geringſte Licht über die Natur der Centralbewegungen.

Pendelbewegung.

Mit der größern Entwickelung der Analyſe war auch die Vervollkommnung der allgemeinen Theorie der Pendelbewegung verbunden. Es war längſt bekannt,

kannt, daß die Zeitdauer des ſchwingenden Pendels durch Kreisbogen größer ſey, je größer der Bogen iſt. Die Beſtimmung dieſer Zeiten und ihrer Verhältniſſe zu den Bogen beym Falle des Pendels wurden erſt allgemein durch Euler m) erwieſen. Das Reſultat ſeiner Unterſuchungen iſt folgendes: wenn nämlich ein Körper durch den Bogen (fig. 16.) ab eines Kreiſes fällt, welcher $db = 2\alpha$ zum Durchmeſſer hat, und die Zeit des Falles durch dieſen Durchmeſſer durch $\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$ ausgedruckt wird (wo g den in der Zeiteinheit zurückgelegten Weg des freyen Falles andeutet), ſo wird hiezu eine Zeit erfordert, welche durch das Produkt der unendlichen Reihe $(1 + \frac{1}{4}.\frac{bf}{2\alpha} + \frac{9}{64}.\frac{bf^2}{(2\alpha)^2} + \frac{225}{2304}.\frac{bf^3}{(2\alpha)^3} + \ldots)\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$ angegeben wird, wo π die ludolphiſchen Zahlen 3,141592... für die Peripherie des Kreiſes vom Durchmeſſer 1 bedeutet. Beym Falle durch den Quadranten gb wird die Höhe bf zu $bc = \alpha$; mithin verwandelt ſich die Zeit des Falles durch dieſen Quadranten in $(1 + \frac{1}{4}.\frac{1}{2} + \frac{9}{64}.\frac{1}{4} + \frac{225}{2304}.\frac{1}{8} + \ldots)\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$. Da $\frac{1}{4}\pi$ mit jener Reihe multiplicirt noch nicht völlig 1 giebt, ſo ſieht man, daß die Zeit des Falles durch den Quadranten des Bogens kleiner iſt, als $\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$, oder als die Zeit durch den Durchmeſſer db.

Wenn

m) Mechanica. T. II. §. 161 ſqq.

Wenn der Kreisbogen unendlich klein angenommen wird, ſo verwandelt ſich jene Reihe in 1 und die Zeit des Falles durch denſelben in $\frac{1}{4}\pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$, und daraus folgt der Satz: die Zeit des Falles in unendlich kleinen Bogen des Halbkreiſes verhält ſich zur Zeit des lothrechten Falles durch den Durchmeſſer des Kreiſes, wie der vierte Theil der Peripherie zu ihrem Durchmeſſer. Wendet man nun dieſen Satz auf den ganzen Schwung eines Pendels an, ſo ergiebt ſich daraus das Geſetz, welches ſchon Huygens entdeckte, und Th. I. S. 336. angeführt iſt.

Bey der Vorausſetzung alſo, daß ein Pendel in unendlich kleinen Kreisbogen ſchwingt, findet Euler die Zeitdauer eines ganzen Schwunges, d. h. eines Hin- und Herganges, $= \pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$. Beym Sekundenpendel, welches den Hin- und Hergang in 2 Sekunden vollendet, wird $2 = \pi\sqrt{\frac{2\alpha}{g}}$ oder $4 = \pi^2 . \frac{2\alpha}{g}$, und $\frac{2g}{\pi^2} = \alpha$. Daraus folgt $g : \alpha = \frac{1}{2}\pi^2 : 1$ oder: der Fallraum g in einer Sekunde verhält ſich zur Länge des Sekundenpendels α, wie das halbe Quadrat der Peripherie zum Quadrate des Durchmeſſers. Aus der bekannten Länge des Sekundenpendels findet man alſo hiernach ſehr leicht, wie viel Fuß der Körper in der erſten Sekunde ſeines Falles durchlaufe.

Da aber die Beſtimmung der Länge eines Sekundenpendels viel Genauigkeit erfordert, ſo zeigte Euler, wie ſich aus der bekannten Länge irgend eines Pendels die Länge des Sekundenpendels beſtimmen

 laſſe;

laſſe; er hatte nämlich bewieſen, daß ſich die Schwingungszeiten zweyer Pendel zu einander verhielten, wie die Quadratwurzeln der Längen der Pendel. Bedeutet alſo f die Länge eines Pendels, und die Anzahl der halben Schwünge binnen der Zeit $t = n$, ſo daß alſo die Dauer eines halben Schwunges $= \frac{t}{n}$ iſt, und die Länge des Sekundenpendels $= x$, ſo hat man $\frac{t}{n}$ Sek. : 1 Sek. $= \sqrt{f} : \sqrt{x}$, alſo $\frac{t^2}{n^2} : 1 = f : x$, und $x = \frac{n^2 . f}{t^2}$. Wäre $t = 1$ Stunde $= 3600$ Sek., ſo fände man die Länge des Sekundenpendels $x = \frac{n^2 . f}{12960000}$.

Der Herr von Mairan [n]) fand die Länge des Sekundenpendels in Paris aus vielen und ſehr genauen Verſuchen 3 Fuß 0 Zoll $8\frac{17}{30}$ Linien.

Die Wahrnehmungen, welche die Gelehrten dieſes Zeitraums mit dem Sekundenpendel an verſchiedenen Orten der Erde gemacht haben, um ſelbſt hieraus auf die Geſtalt der Erde zu ſchließen, ſollen weiter unten erzählt werden.

Da die Zeiten des Schwunges immer größer werden, wenn die Schwingungsbogen eine merkliche Größe haben, folglich die Schwingungen des Pendels nicht mehr iſochroniſch ſeyn können, ſo berechnete de la Lande [o]) folgende Tabelle, welche die Zögerung zeigt, die aus der Zunahme der Schwingungsbogen bey einem und

n) Memoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1735.
o) Calcul aſtronomique. à Paris 1762. §. 253.

und demſelben Sekundenpendel an einerley Ort für einen Tag, in Vergleichung mit dem wahren Sekundenpendel, das mathematiſch genommen unendlich kleine Bogen beſchreibt, entſteht. Die Zunahme der Bogen iſt nach der Breite eines halben oder einfachen Schwunges beſtimmt, und die Länge des Pendels zu 3 Fuß 8 Linien Par. Maaß.

Einfacher Schwung			Tägliche Verzögerung
Zoll		Linien	Sekunden
0	—	4	0,1
0	—	8	0,5
1	—	0	1,0
1	—	4	1,8
1	—	8	2,8
2	—	0	4,0
2	—	4	5,5
2	—	8	7,1
3	—	0	9,0 u. ſ. w.

wie ſich leicht weiter finden läßt, wenn man die Zahl der Zolle mit ſich ſelbſt multiplicirt, da denn das Produkt die Sekundenzahl angiebt, welche die tägliche Verzögerung ausdruckt.

Um aber die wahre Länge des einfachen Sekundenpendels, welches in einem freyen Mittel ſchlägt, und wobey die Erde als ruhend angenommen wird, zu finden, müſſen nothwendig einige Berichtigungen vorgenommen werden.

Es war ſchon längſt bekannt, daß Pendel im luftleeren Raume ſchneller, als im luftvollen, ſchwingen, ja daß ein Pendel von mehr Gewicht in der Luft ſchnellere Schwingungen machen kann, als ein gleich langes leichteres; obgleich das Gewicht auf die

Schwungbewegung an ſich keinen Einfluß hat. Verſuche mit Pendeln im luftleeren Raume hat Derham p) angeſtellt. Bouguer q) giebt die Länge des Sekundenpendels für Paris 440,67, am Aequator 439,21 Lin. an. Auch widerſteht dichtere Luft ſtärker, als dünnere. Bouguer's Pendel, welches Bogen von 2 Zoll beſchrieb, ward auf dem Pichincha erſt nach 22 bis 23 Minuten ſo ſtark retardirt, daß die Bogen nur 1 Zoll betrugen; am Geſtade des Meeres in dichterer Luft geſchahe dies ſchon in 14 bis 15 Minuten. Indeſſen bemerkt Bouguer, daß der Widerſtand der Luft keinen merklichen Einfluß darauf habe, daß die Schwünge ungleichzeitig würden; denn wenn gleich die Dauer des Niederganges durch dieſen Widerſtand etwas länger werde, ſo werde doch die des Aufſteigens dadurch wieder kürzer. Eine ganz andere Bewandtniß aber habe es mit der hydroſtatiſchen Wirkung der Luft, wodurch ein Theil der Gravitation des Pendels aufgehoben werde. Dadurch, daß das Pendel Luft aus der Stelle dränge, verliere es einen Theil des Gewichts, und bewege ſich mit einem Verluſte der Gravitation. Daher ſey zu der beobachtenden Länge des Sekundenpendels noch etwas hinzuzuſetzen, um die Länge deſſen zu finden, das im leeren Mittel ſchwinge. Dieſer hinzuzuſetzende Theil verhalte ſich zur Länge des einfachen Pendels in der Luft, wie das ſpecifiſche Gewicht der Luft zum ſpecifiſchen Gewichte der Materie, woraus das Pendel beſtehe.

Auch wegen der Wirkung der Centrifugalkraft auf der Erde, welche von der Umdrehung der Erde um ihre Axe herrührt, erfordert die Länge des Sekundenpendels

p) Philoſoph. Tranſ. n. 294.
q) Traité de la figure de la terre, à Paris 1749. 4. S. 399. ff.

pendels einige Correction, wie ſchon Hermann[r]) bemerkt. Um alſo die wahre Länge des einfachen Sekundenpendels zu beſtimmen, welche ſtatt finden müßte, wenn die Erde ruhete, muß man den Bruch $\frac{1}{289}$ (als das Verhältniß der Schwungkraft zur Schwere unter dem Aequator) mit dem Quadrate des Coſinus der geographiſchen Breite des Ortes multipliciren, und die gefundene Größe zu der beobachteten Länge des Pendels zuſetzen. De la Lande[s]) hat hiernach folgende Tafel berechnet:

unter dem Aequator	ſ	0	Grad	0	Min.	1,53	Linien
zu Portobello	ſ	9	—	34	—	1,48	—
zu Klein-Goave	ſ	18	—	27	—	1,38	—
am Vorg. d. gut. Hofn.		33	—	55	—	1,04	—
zu Paris	ſ ſ	48	—	50	—	0,67	—
zu London	ſ ſ	51	—	31	—	0,59	—
in Schweden bey	ſ	60	—	0	—	0,38	—
zu Pello in Lappland		66	—	48	—	0,24	—

Ein Hinderniß in der Bewegung der Pendel iſt auch das Reiben am Aufhangungspunkte. Der engliſche Künſtler Graham, welcher um die Verbeſſerung der Werkzeuge ſo große Verdienſte hat, ſuchte das Reiben der Pendel dadurch zu vermindern, daß er den Stangen ein Paar ſtählerne Zapfen gab, welche unterwärts gekehrte Schneiden hatten, und mit dieſen auf wagrechten ſtählernen Platten auflagen. Auf ſolche Art wiegten ſich beym Schwunge die Zapfen hin und her, wie am Wagebalken. Mit einem ſolchen Pendel beobachtete de Maupertuis[t]) in Pello. Es war

r) Phoronomia, Amſtel. 1716. 4. p. 368. ſqq.

s) Calcul aſtronomical, p. 203.

t) Meſure ſur la peſanteur in d. Oeuvres, Lyon. 1768. 8. T. IV. p. 336. ſqq.

war dieſes mit zwey Gewichten verſehen; mit dem ſchwerern beſchrieb es einen Bogen von $4\frac{1}{3}°$, mit dem halb ſo ſchweren einen Bogen von 3 Grad, und ſchlug im letztern Falle täglich 3 bis 4 Sekunden mehr.

Hauptſächlich wirken aber auf den Gang der Pendel die Abwechſelungen der Wärme und Kälte, wie man ſchon längſt wahrgenommen hatte. Caſſini[u]) bemerkt, daß die gewöhnlichen Pendeluhren in einem Tage im Winter zu Paris über $\frac{1}{4}$ Minute mehr Schwingungen machen, als im Sommer. Um alſo genaue Pendelbeobachtungen anzuſtellen, und ſie mit einander zu vergleichen, hielt der Herr von Maupertuis ſein Pendel beſtändig in gleicher Wärme; er erinnert aber, daß man in dieſer Abſicht unabläſſig nach dem Thermometer ſehen, auch Thermometer und Pendel in gleichen Höhen über dem Fußboden und in gleicher Entfernung vom Feuer halten müſſe.

Da aber bey den gewöhnlichen Pendeluhren die Wärme und Kälte verurſachen, daß die Schwingungen der Pendel nicht gleichzeitig ſeyn können, ſo verfiel Graham[x]) darauf, die Pendelſtangen von Ebenholz oder Nußbaum zu machen, weil das Holz nach der Länge der Faſern durch die Wärme nicht merklich ausgedehnt wird; allein er fand, daß es wieder dem Fehler ausgeſetzt war, daß es ſich durch den Wechſel der Feuchtigkeit und Trockenheit wirft und krümmt. Er verſuchte daher, ein Thermometer ſo am Pendel anzubringen, daß der Mittelpunkt des Schwunges durchs Auſſteigen des Queckſilbers um eben ſo viel erhoben werden ſollte, als er durch die Verlängerung der Stange von der Wärme tiefer gebracht worden ſey, damit er

u) Hiſtoire de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1741.
x) Philoſoph. Transact. for the year 1726. n. 392.

er durch eine Art von Compenſation immer an einerley Stelle und in gleichem Abſtande vom Aufhängungspunkte erhalten würde.

Um dieſe Zeit machte Muſſchenbroek einen Verſuch bekannt, wobey er gefunden hatte, daß ſich bey einem gleichen Grad von Wärme das ſo genannte Prinzmetall ſtärker, als das Eiſen ausdehne. Dieſen Umſtand benutzte der ſcharfſinnige Graham, und ſuchte durch eine Verbindung von mehreren Stangen ſolcher Metalle die angeführte Compenſation zu bewirken. Daraus entſtand eine Art von Pendeln, die man roſtförmige Pendeln nennt, weil ſie wegen der mehreren parallelen Stangen einem Roſte ähnlich ſind. Grahams roſtförmiges Pendel iſt fig. 17. abgebildet. Es beſteht aus fünf eiſernen in der Figur durch ſtarke ſchwärze Striche unterſchiedenen, und vier meſſingenen parallelen Stäben. Die eiſernen ſind oben feſt, mithin treibt die Wärme ihre untern Enden herabwärts, und erniedriget den Mittelpunkt des Schwunges. An den untern Enden der eiſernen Stäbe ſind Füße, auf welchen die meſſingenen Stäbe aufſtehen. Dieſe letztern ſind alſo unten feſt, daher treibt die Wärme ihre obern Enden aufwärts, und erhöhet dadurch ſowohl den Mittelpunkt des Schwunges, als auch die Querſtäbe, welche die folgenden Eiſenſtäbe halten. Die Längen der Stäbe ſind ſo proportionirt, daß die Ausdehnung des Meſſings den Mittelpunkt des Schwunges gerade um ſo viel hebt, als ihn die Ausdehnung des Eiſens erniedrigt.

Dieſe von Graham angegebene Einrichtung iſt nach der Zeit ſo verbeſſert worden, daß nicht das ganze Pendel roſtförmig wird, ſondern nur der obere Theil am Aufhängungspunkte. Bey einer ſolchen von Shel-

ton gefertigten Uhr fand Käſtner den Gang im Jänner 1773. täglich nur um 2,1 Sekunden ſchneller, als im Auguſt.

Noch eine andere Einrichtung von Romain aus Caſſini [y]) beſchreibt Muſſchenbroek [z]). Am eiſernen Stabe (fig. 18.) ab iſt hinten ein meſſingener Stab ce bey c feſt; an der Vorderſeite trägt der eiſerne Stab ſo das Gewicht o. Die Hülſen gh, mn, umſchließen blos die Stäbe, ohne ihr Verſchieben an einander zu hindern, in der Hülſe tp aber ſind alle drey Stäbe mit Zapfen feſt. Wenn die Wärme zunimmt, dehnt ſich ce mehr aus, als ab, daher wird der Zapfen t niedergeſchoben, hingegen p mit dem Gewichte o erhoben. Muſſchenbroek berechnet aus dem Ausdehnungsverhältniſſe des Meſſings zum Eiſen, welches er wie 46 : 27 ſetzt, wenn ao = 39 Zoll, ct = 27 Zoll iſt: ſo müſſe ſich tr : rp wie 19 : 39 verhalten.

Wurfbewegung.

Durch Newton's Entdeckung des Geſetzes der allgemeinen Schwere erhielt die Lehre der Wurfbewegung ein weit ausgebreiteteres Licht, und eine größere Allgemeinheit. Vor Newton hatte man ſich blos mit Unterſuchung des einzigen Falles beſchäfftigt, da der Weg des geworfenen Körpers eine wahre Parabel iſt; welches eben ſo viel hieß, als annehmen, die Richtung der Schwere ſey in allen Punkten der Bahn des geworfenen Körpers unter ſich parallel. Dagegen zeigte Newton, daß die Wurfbewegung eine wahre Centralbewegung ſey, wenn man vorausſetze, daß die Richtung der Schwere ſtets nach dem Mittelpunkte der Erde gerich-

y) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris 1741.

z) Introduct. ad philoſoph. natur. T. I.

gerichtet iſt, und die Schwere in dem verkehrten Verhältniſſe des Quadrats der Entfernung von dieſem Mittelpunkte wirke, in welchem Falle alſo der geworfene Körper eine Ellipſe um den Mittelpunkt der Schwere beſchreiben müſſe. Bey dem gewöhnlichen Wurfe auf unſerer Erde aber werde das beſchriebene Stück dieſer Ellipſe ſo klein, daß es mit dem Halbmeſſer der Erde gar nicht in Vergleichung komme, und ſo könne man ohne merklichen Fehler annehmen, der Mittelpunkt der Erde ſey unendlich entfernt, oder die große Axe der Ellipſe werde unendlich. Wenn aber dies ſtatt finde, ſo nähere ſich vermöge der höhern Geometrie die Ellipſe einer Parabel, und es ließen ſich alsdenn endliche Stücken von ihr als paraboliſch betrachten. Es ſey alſo der Weg horizontal oder ſchief geworfener Körper auf der Erdfläche paraboliſch. Auch vor Newton hatte man die Bahn geworfener Körper als eine wirkliche Parabel angenommen, und zugleich behauptet, daß der Widerſtand der Luft keinen merklichen Einfluß auf den Wurf habe, und daß folglich die paraboliſche Bahn dadurch keine merkliche Aenderung erleide. Newton hatte zwar verſchiedene Verſuche über den Widerſtand der Luft bey langſamen Bewegungen bekannt gemacht, allein daraus noch keine beträchtliche Abweichungen von der Bahn geworfener Körper ziehen können.

Indeſſen hatte de Maupertuis [a]) die paraboliſche Theorie geworfener Körper in kurze Formeln zuſammengefaßt. Er betrachtet nämlich folgende Sätze:

1. Wenn ein Geſchütz mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit in einer gegen den Horizont geneigten Rich-

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. 1731.

Richtung abgeſchoſſen wird, eine Gleichung für die paraboliſche Bahn der abgeſchoſſenen Kugel zu finden.

2. Durch eine gegebene Ladung eine beſtimmte Stelle in der Bahn zu treffen.

3. Eine ſolche Stelle zu treffen, wenn der Winkel gegeben iſt, welchen die Richtung der abgeſchoſſenen Kugel mit dem Horizonte macht.

4. Die Richtung des Schuſſes zu finden, in welcher er am weiteſten geht.

5. Die kleinſte mögliche Ladung zu finden, um eine gewiſſe Stelle zu treffen.

Um die Theorie vorzüglich horizontal geworfener Körper zu beſtätigen, erdachte man auch eigene Vorrichtungen unter dem Nahmen paraboliſcher Maſchinen. Eine ſolche beſchreibt ſchon s'Graveſande[b]). Es wird nämlich ein Bret (fig. 19.) acnd am obern Theile nach der Geſtalt einer beliebigen krummen Linie abd ausgeſchnitten, und mit Elfenbein, oder einer andern wohl geglätteten Materie ausgelegt, um das Reiben möglichſt zu vermeiden. Am Ende bey d muß aber dieſe Krümmung horizontal auslaufen. Wenn man nun einen glatten ſchweren Körper z. B. eine Metallkugel, von a aus auf abd hinabrollen läßt, ſo wird dieſer Körper bey d eine horizontale Richtung dk, und diejenige Geſchwindigkeit erhalten, welche der lothrechten Höhe ae ſeines Falles zugehört. Stellt man nun an die Seite ein anderes rechtwinklichtes Bret dnok, worauf die halbe Parabel dgmo vom Scheitel d und vom Parameter 4ae gezeichnet iſt, ſo wird die herabfallende Kugel von d aus den Weg nehmen, den dieſe

b) Phyſic. elem. mathem. Lugd. Batav. 1725. 4. T. I. cap. XX. tab. XIII.

dieſe Parabel vorzeichnet, und wenn man bey g, m, o Ringe anbringt, ſo wird ſie durch dieſelben hindurchfliegen.

Wenn man auf der wagrechten Seite dk des Bretes dh, hi, ik, gleich groß nimmt, ſo werden die lothrechten Linien hg, im, ko, wie 1, 4, 9 wachſen, und wenn dn = ae, ſo wird nach den Eigenſchaften der Parabel no = 2ae ſeyn. Daher werden die Abtheilungen dh = hi = ik = $\frac{2}{3}$ ae, df = $\frac{1}{9}$ ae, dl = $\frac{4}{9}$ ae, woraus ſich die Punkte g, m leicht ergeben.

Belidor [c]) verglich die paraboliſche Theorie geworfener Körper mit den Erfahrungen, und glaubte die Abweichungen unbeträchtlich gefunden zu haben; nur in Anſehung der Weite des Wurfs fand er dieſelbe bey der größten Sonnenhitze viel kürzer, als bey einer angenehmen Kühle des Morgens und des Abends.

Endlich zeigte aber Robins [d]) im Jahr 1742 zuerſt, wie wichtig für die Ausübung die Betrachtung des Widerſtandes der Luft in der Lehre der Wurfbewegung ſey. Aus ſeinen Verſuchen, die er mit Geſchützkugeln anſtellte, ſchien zu folgen, daß die Newtonſche Theorie vom Widerſtande der Luft bey langſamen Bewegungen ſo ziemlich richtig ſey; aber deſto mehr von der Erfahrung abweiche, je ſchneller die Bewegungen werden. Er ließ ein hölzernes Pendel verfertigen, und hieng

c) Le bombardier françois, ou nouvelle methode de jetter les bombes avec préciſion. à Paris 1731. 4.

d) New principles of gunnery. London 1742. Neue Grundſätze der Artillerie, a. d. engl. von Leonh. Euler mit Anmerk. und Erläut. Berlin 1745. 8.

hieng es dergeſtalt auf, daß es frey und ohne ſtarkes Reiben ſchwingen konnte. Er ſchoß Flintenkugeln gegen das Pendel ab, welche es in Schwung brachten, und er hatte alles ſo eingerichtet, daß er die Größe des dem Pendel von der Kugel mitgetheilten Schwunges meſſen konnte. Daraus berechnete er die Geſchwindigkeit, welche die Kugel dem Pendel mitgetheilt hatte, und hieraus ferner, vermöge der Lehre vom Stoße der Körper, die Geſchwindigkeit ſelbſt, womit die Kugel das Pendel angeſchlagen hatte. Aus den Reſultaten dieſer ſeiner Verſuche ſchloß er, daß bey ſo ſchnellen Bewegungen, als den Geſchützkugeln durch die Gewalt des Pulvers mitgetheilt wird, der Widerſtand der Luft faſt dreymal größer ſey, als er nach der Newtonſchen Theorie ſeyn müßte. Leonhard Euler, welcher in ſeiner Ueberſetzung von Robins Werke Anmerkungen und Erläuterungen hinzugefügt hat, iſt mit Robins einerley Meynung. Daher haben beyde, Robins und Euler, andere Theorien zu geben verſucht.

Das ſogenannte balliſtiſche Problem, oder die Aufgabe, das zu finden, was der Widerſtand der Luft in der Theorie der Wurfbewegung abändert, haben ſchon ſeit 1718 Johann Bernoulli, Hermann und Brook Taylor allgemein aufzulöſen gelehrt, und dabey die Abſicht gehabt, Auflöſungen zu geben, die ſich auf mehrere Geſetze des Widerſtandes anwenden laſſen. Eulern ſchienen aber dieſe Auflöſungen nicht befriedigend zu ſeyn, daher ſuchte er in einer eigenen Abhandlung e) die Bahn für ein beſonderes

e) Recherches ſur la veritable courbe, que décrivent les corps jetés dans l'air, ou dans un autre fluide quelconque, in den Mém. de Berlin T. IX. p. 321.

deres angenommenes Geſetz zu beſtimmen. Dieſelbe Abhandlung hat Henning Friederich Graf von Krävenitz in einer akademiſchen Probeſchrift [f]) zum Grunde gelegt, Tafeln darnach zum praktiſchen Gebrauche berechnet, und die nöthigen Regeln für die Anwendung in der Ausübung beygefügt.

Nach Robins hat der Ritter d'Arcy [g]) in einer kleinen Schrift andere Verſuche angeſtellt, die den Robins'ſchen ähnlich ſind, und daraus ſcheint ebenfalls zu folgen, daß die Newtonſche Theorie bey ſchnellen Bewegungen den Widerſtand viel zu klein angebe. Lambert aber hat in ſeinen Anmerkungen zu d'Arcy's Schrift mit großem Scharfſinne gezeigt, daß die Verſuche von Robins und d'Arcy keinesweges die Newtonſche Theorie ſo ſchlechterdings umſtoßen. Robins und d'Arcy brauchten bey der Berechnung der Geſchwindigkeit der Kugel aus der Geſchwindigkeit des Pendels, die Geſetze des Stoßes unelaſtiſcher Körper; aber Lambert zeigt, daß man hiezu nicht ſo ſchlechterdings berechtigt ſey, und daß vielmehr die Aenderung der Geſchwindigkeit den Geſetzen des Stoßes elaſtiſcher Körper hier deſto näher komme, je größer die Geſchwindigkeit ſey, womit die Kugel anſchlage. Auch hat Lambert [h]) eine Auflöſung des balliſtiſchen Problems verſucht. Indeſſen hat bisher die Praxis aus den Bemühungen die-

f) Von der Bahn der Geſchützkugeln. Bützow 1764. 4.

g) Eſſai d'une theorie de l'Artillerie. à Paris 1761. Verſuch einer Theorie der Artillerie von Lambert ins Deutſche überſ. 1766. 8.

h) Mémoire ſur la reſiſtence des fluides avec la ſolution du probleme balliſtique. in den Mém. de Berlin. an. 1765.

dieſer Gelehrten noch nicht den gehörigen Nutzen zie-
hen können.

Widerſtand, welchen feſte Körper erleiden, welche ſich im Flüſſigen bewegen.

Newton hatte die ungemein wichtige Theorie von dem Widerſtande, welchen feſte Körper bey ihrer Bewegung in flüſſigen Mitteln erleiden, zuerſt entwickelt, und dieſe durch Verſuche bey langſamen Bewegungen zu beſtätigen geſucht. Auch ſtimmten dieſe ſeine Verſuche mit der Theorie ziemlich überein. Daher glaubte man ſeit dieſer Zeit, daß die Theorie vom Widerſtande der flüſſigen Materien zur überzeugenden Richtigkeit gebracht ſey, bis endlich im Jahr 1742 Robins bey Unterſuchung der Bahn, welche abgeſchoſſene Kugeln in der Luft beſchreiben, ungemein groſſe Abweichungen von derſelben entdeckte, und dadurch die im vorigen Artikel bereits erzählten Bemühungen veranlaßte. Indeſſen hatte bereits Euler [i]) die Lehre vom Widerſtande gegen bewegte Punkte allgemein analytiſch vorgetragen. Ueberhaupt haben Bernoulli und Euler dieſen Gegenſtand mit vielem Fleiße theoretiſch unterſucht. Allein die Theorie läßt überall viel Ungewißheit zurück, und eben ſo wenig entſcheiden die Verſuche, deren vorzüglich ſehr viele in Frankreich auf mancherley Art angeſtellt worden ſind. De Borda [k]), d'Alembert und andere haben daraus Folgen gezogen, durch welche Newtons Theorie auf mehr als eine Art Abänderungen zu leiden ſcheint.

Die

i) Mechanica. T. I. §. 367 ſqq.

k) Exper. ſur la reſiſtance de l'air in den Mém. de Paris 1763. Exp. ſur la reſiſtance de l'eau in den Mém. de Paris 1770.

Die von Newton aus ſeiner Theorie abgeleiteten Geſetze (Th. II. S. 375.) ſind durch die Verſuche, beſonders des de Borda, ungemein zweifelhaft gemacht worden, und es ſcheint, als ob der Formel $R = \beta \gamma v^2$ (Th. II. S. 374.) für jede Materie ein beſonderer Coefficient müſſe beygefügt werden, den man nicht anders, als durch Verſuche beſtimmen kann.

Stoß der Körper.

Der Herr von Maupertuis [l]) ſuchte die Geſetze des Stoßes der Körper aus ſeinem entdeckten Satze der kleinſten Wirkung herzuleiten. Bey den Geſetzen des Stoßes unelaſtiſcher Körper mußte Maupertuis hiebey vorausſetzen, daß ſie nach dem Stoße einerley Geſchwindigkeit x erhalten. Da nun hier Wirkung das Produkt aus Maſſe, Raum und Geſchwindigkeit bedeutet, die Räume aber den Geſchwindigkeiten proportional ſind, ſo wird die Maſſe M, welche die Geſchwindigkeit C vor dem Stoße hatte, und ſie um $C - x$ ändert, die Wirkung $M(C-x)^2$; die Maſſe m aber, welche die Geſchwindigkeit c vor dem Stoße hatte, und dieſelbe um $x - c$ ändert, die Wirkung $m(x-c)^2$ leiden. Die Summe beyder ſoll nun ein Minimum, mithin ihr Differenzial $= 0$ ſeyn. Daraus ergiebt ſich

$$-2MCdx + 2Mxdx + 2mxdx - 2mcdx = 0,$$

folglich

$$Mx + mx = MC + mc, \text{ und}$$

$$x = \frac{MC + mc}{M + m}.$$

Bey elaſtiſchen Körpern erweißt Maupertuis die Gleichheit der relativen Geſchwindigkeit vor und nach

l) Mém. de Paris 1743. ingl. Mém. de Pruſſe 1746.

nach dem Stoße auf dieſe Art. Er ſtellt ſich nämlich vor, die Körper wären bloß hart, und es befände ſich zwiſchen ihnen eine Feder, welche im Stoße mit der relativen Geſchwindigkeit beyder Körper $C-c$ zuſammengedruckt würde. Dieſe Feder wird ſich nun mit gleicher Gewalt wieder ausbreiten, und die Körper mit eben der relativen Geſchwindigkeit von einander entfernen. Wenn daher die Geſchwindigkeit, welche die Maſſe m nach dem Stoße erhält $= v$, und die, welche die Maſſe M bekommt, $= V$ geſetzt wird, ſo muß $v - V = C - c$ ſeyn. Hieraus folgt $dv = dV$. Jetzt ſind nun die Wirkungen $M(C-V)^2$ und $m(v-c)^2$, und das Differenzial ihrer Summe, welches $= 0$ ſeyn ſoll

$$-2MCdV - 2MVdV + 2mvdv - 2mcdv = 0;$$

folglich, weil $dv = dV$,

$$MV = MC + mc - mv;$$

wird nun noch für v das gleiche $C - c + V$ geſetzt, ſo ergiebt ſich

$$MV = MC + mc - mC + mc - mV$$
$$MV + mV = MC + 2mc - mC$$
$$(M+m)V = 2MC + 2mc - MC - mC$$
$$= 2(M+m)x - (M+m)C, \text{ alſo}$$
$$V = 2x - C, \text{ und}$$
$$v = C - c + V = 2x - c,$$

wie erfordert wird (Th. I. S. 374.).

Obgleich ſchon geraume Zeit die Geſetze des geraden Stoßes entwickelt waren, ſo hatte man doch bisher noch keine Unterſuchungen über den eccentriſchen Stoß angeſtellt. Hiezu mußte aber nothwendig erſt die Analyſe einen hohen Grad der Vollkommenheit erreicht haben; denn man ſieht leicht, daß beym eccentriſchen Stoße nicht allein die Bewegung der Schwerpunkte geän-

geändert, ſondern zugleich auch verurſacht werde, daß entweder einer von beyden Körpern, oder auch alle beyde anfangen, ſich um eine gewiſſe Axe zu drehen, dafern ſie nicht ſchon vor dem Stoße um eine ſolche Axe ſich wälzten, in welchem Falle der Stoß auch dieſe Umdrehungsbewegung ändern wird. Ueberhaupt führt eine ganz allgemeine Betrachtung des eccentriſchen Stoßes auf äußerſt verwickelte Rechnungen. Daher haben auch Johann Bernoulli [m]), Daniel Bernoulli [n]), und beſonders Euler, welche jeder für ſich zuerſt über die Geſetze des eccentriſchen Stoßes Unterſuchungen angeſtellt haben, nur einige beſondere Fälle betrachtet, nämlich

1. wenn ſich die Schwerpunkte zweyer Körper, davon einer den andern ſtößt, in einer Ebene bewegen;

2. wenn beyde Körper eine ſolche Geſtalt beſitzen, daß eine Axe, welche durch ihren Schwerpunkt auf dieſe Ebene ſenkrecht ſteht, eine freye Axe iſt;

3. wenn die Berührung in einem Punkte geſchieht, der in derſelben Ebene liegt, worin ſich die Schwerpunkte bewegen,

4. wenn die Berührungsebene auf eben dieſer Ebene ſenkrecht iſt, damit die Richtung des Stoßes in eben dieſe Ebene falle.

5. Dieſe Ebene wird daher die Ebene des Stoßes genannt, und kann als eine horizontale Ebene betrach-

m) Diſcours ſur le mouvement Chap. IV. oper. T. III. p. 32.

n) De communicatione motus in colliſione corporum ſeſe non directe percutientium in Comment. Petrop. T. IX. und in Theoria motus corporum ſolidorum ſ. rigidorum. Roſt. et Gryphisw. 1765.

trachtet werden. Auf ſolche Art wird alſo die Berührungsebene vertikal, und eine vertikale Axe der Körper eine freye Axe ſeyn.

Beym eccentriſchen Stoße kommt zugleich die Betrachtung der Mittelpunkte des Stoßes vor, von welchen Wallis zuerſt geredet hatte (Th. I. S. 367. u. f.). Dieſer betrachtete nämlich bloß den Stoß einer Ebene, welche ſich um eine in ihr ſelbſt befindliche Axe dreht, in welchem Falle der Mittelpunkt des Stoßes mit dem Mittelpunkte des Schwunges völlig einerley iſt. Dadurch ließ ſich Stone [o]) verleiten, beyde Punkte überhaupt für einerley anzunehmen, welches auch ſelbſt Jakob Bernoulli [p]) behauptet. Allein Johann Bernoulli [q]) machte Erinnerungen dagegen, und bemerkte ganz richtig, daß dieſe Uebereinſtimmung nur zufällig ſey, und bloß für einige beſondere Fälle ſtatt finde. Indeſſen ſcheint Johann Bernoulli in dem Begriffe ſelbſt, was den Mittelpunkt des Stoßes betrifft, mit Wallis einig zu ſeyn. Allein Euler [r]) erklärt ſich über den Mittelpunkt des Stoßes ganz anders. Wenn nämlich die Maſſe eines Körpers nicht mit paralleler Bewegung fortgeht, ſondern ſich um eine feſte Axe dreht, ſo wird der Punkt dieſer Maſſe, durch welchen die Richtung des Stoßes an ein unbewegliches Hinderniß geht, wenn ihre völlige Bewe-

o) Analyſe des infiniment petits trad. de l'Angl. par *Rondet.* Paris 1735. 4.

p) Demonſtration du principe de Mſr. *Huygens* touchant le centre de balancement, et de l'identité de ce centre avec celui de percuſſion. in Opp. T. II. n. C. p. 951.

q) Remarques ſur le calcul integr. de Mſr. *Stone.* in Opp. T. IV. n. 170. p. 180 ſq.

r) Robins erläuterte Artillerie. S. 182.

Bewegung gehemmt wird, nicht allemal eben derſelbe ſeyn, durch welchen die Richtung des Stoßes an eine andere bewegliche Maſſe gehen muß, wenn der letztern die größte Geſchwindigkeit mitgetheilt werden ſoll. In dieſem Sinne betrachtete Euler den Mittelpunkt des Stoßes, und Karſten [s]) hat die Theorie von dem Mittelpunkte des Stoßes ausführlicher vorgetragen.

Gleichgewicht feſter Körper.

Das erſte Geſetz des Gleichgewichts am Hebel hatte zwar der ältere de la Hire völlig ſcharf erwieſen; allein man überſah es, weil man zu dieſer Zeit glaubte, daß ſich der ſchärfſte Beweis des Geſetzes des Hebels aus der Zuſammenſetzung und Zerlegung der Kräfte, ſo wie Newton und Varignon verfahren hatten, herleiten ließe. Dagegen behauptete aber Johann Bernoulli [t]), es müſſe vielmehr die Lehre von der Zuſammenſetzung der Kräfte auf die Theorie des Hebels gegründet werden, wenn man einen Cirkel im Beweiſen vermeiden wolle. Bey dieſen Unvollkommenheiten der Beweiſe des erſten ſtatiſchen Grundgeſetzes ſagte daher d'Alembert [u]), man ſey mehr bemüht geweſen, das Gebäude der Mechanik zu vergrößern, als deſſen Eingange Licht zu geben; man habe den Bau immer fortgeſetzt, ohne für die gehörige Feſtigkeit des Grundes Sorge zu tragen. Was das Geſetz des Winkelhebels anbetrifft, ſo leitet er dieß ſehr ſchön aus dem Gleichgewichte zweyer gleichen und ein-

s) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Th. IV. Mechanik. Abſchn. XVIII.

t) Variae propoſ. mechanico-dynamicae. Opp. T. IV. n. 177. § V.

u) Traité de dynamique à Paris 1743. 4. préface.

einander gerade entgegengeſetzten Kräfte her. — Allein auf dieſe Art verſchwinden dieſe Kräfte bey der Anwendung auf den geradlinichten Hebel, und die Folge aus dem allgemeinen Satze läßt ſich nur auf eine indirekte und ſehr gezwungene Weiſe geben. —

Endlich aber kam Käſtner x) durch eigenes Nachdenken auf einen ſcharfen Beweis für das Geſetz des Hebels, nach deſſen wiederholter Bekanntmachung er erſt in de la Hire's Mechanik ähnliche Betrachtungen gefunden hatte.

Zuerſt ſetzt er, wie de la Hire, folgenden Satz feſt: wenn die Mitte einer geraden, unbiegſamen und nicht ſchweren Linie (fig. 20) bc auf einer Unterlage bey a horizontal liegt, ſo daß ſich jedes von ihren Enden ohne Verruckung des Punktes a etwas erheben und das andere ſo viel ſinken kann, und an ihren beyden Ende gleiche Gewichte p und q herabhangen, ſo wird der ganze Hebel ruhen. Denn weil alles auf einer Seite des Punktes a wie auf der andern iſt, ſo müßte aus demjenigen, woraus folgte, daß q ſänke, auch folgen, daß p ſänke; und beyden zugleich kann dieß nicht wiederfahren. Hier iſt nun nichts weiter, was die beyden Gewichte p und q tragen könnte, als die Unterlage bey a; alſo erhält dieſe die völlige Laſt 2p = 2q; oder wenn man die Linie mit den Gewichten bey a auf einem Finger legte, oder an einem Faden ad hielte, ſo brauchte man eben ſo viel Gewalt, als wenn 2p auf dem Finger unmittelbar läge, oder an dem Faden hienge.

Nimmt

x) Vectis et compoſitionis virium theoria euidentius expoſita. Lipſ. 1753. 4.

Nimmt man nun an dieſem Hebel das Gewicht p weg, und befeſtigt dagegen den Punkt b ſo, daß er weder unterwärts noch aufwärts weichen kann, ſo wird ſich der doppelarmige Hebel in den einarmigen (fig. 21.) verwandeln, wo die Kraft nach der Richtung ad = 2q, oder doppelt ſo groß, als die in c angebrachte, c aber noch einmal ſo weit vom Ruhepunkte b entfernt iſt, als a; und wo ſich unter dieſen Umſtänden die einfache und die doppelte Kraft das Gleichgewicht halten.

Wird dieſer einarmige Hebel über b hinaus um das Stück (fig. 22.) bf = ba verlängert, ſo muß nun ohne Zweifel ein Gewicht p in f aufgehängt werden, welches = 2q, eben ſo ſtark unterwärts nach der Richtung fp ziehen würde, als die Kraft p in a nach der Richtung ad zöge. Aber p in a ſteht im Gleichgewichte mit $q = \frac{1}{2}p$, wenn q noch einmal ſo weit vom Ruhepunkte in c zieht, mithin hält auch p = 2q mit q am doppelarmigen Hebel cbf das Gleichgewicht, wenn q zweymal weiter vom Ruhepunkte b entfernt iſt, als p am andern Arme.

Auf dieſe Art kann man nun weiter ſchließen, daß in beyden Armen des Hebels das dreyfache Gewicht dem einfachen das Gleichgewicht hält, wenn das einfache dreymal weiter vom Ruhepunkte entfernt iſt; das vierfache dem einfachen, wenn dieſes viermal weiter entfernt iſt u. ſ. w. Ueberhaupt alſo, daß eine nfache Kraft der einfachen das Gleichgewicht hält, wenn die einfache nmal weiter vom Ruhepunkte entfernt iſt, als die nfache.

Verhielten ſich endlich die Kräfte q und p (fig. 23.) wie m:n, und ihre Entfernungen vom Ruhepunk-

punkte cb und fb wie n:m, ſo nehme man br ſo groß, daß es in bc nmal, in bf mmal enthalten iſt, und ſtelle ſich bey r ein aufgehangenes Gewicht z = n.q = m.p, und eine eben ſo große aufwärts nach rſ gerichtete Kraft vor. Beyde erhalten einander ohne allem Zweifel das Gleichgewicht. Allein die Kraft rſ hält auch mit q das Gleichgewicht, weil ſie nmal größer als q, und q nmal weiter vom Ruhepunkte b entfernt angebracht iſt: und das Gewicht z hält mit p das Gleichgewicht, weil es mmal größer als p, und p mmal weiter von b entfernt iſt. Mithin müſſen ſich auch p und q ſelbſt das Gleichgewicht halten. Da ſich jedes Verhältniß durch zwey ganze Zahlen ausdrucken läßt, welche für m und n geſetzt werden können, ſo gilt dieſer Beweis bey jedem Verhältniſſe der Kräfte, und es erfolgt überhaupt ein Gleichgewicht am doppelarmigen Hebel, wenn ſich die Kräfte verkehrt, wie die Entfernungen vom Ruhepunkte verhalten.

Daß aber auch dieſes Geſetz beym einarmigen Hebel ſtatt finde, erhellet ſogleich, wenn man ba = bf nimmt, und für p eine an a aufwärts nach ad ziehende Kraft = p ſetzt. Hiebey bleibt alles in Ruhe, weil die Kraft p bey a eben ſo auf die Umdrehung des Hebels wirkt, als das Gewicht p in der gleich großen Entfernung fb wirkte. Daher iſt die Kraft bey a mit q im Gleichgewichte, wenn ſie ſich zu p wie n:m, ihre Entfernung ba aber zur Entfernung cb, wie bf: ba d. i. wie m:n verhält. Auf dieſe Art iſt alſo das Geſetz des Gleichgewichtes für beyde Arten des Hebels erwieſen.

Hiernächſt geht nun Käſtner zu dem Winkelhebel über, und leitet das Geſetz deſſelben ganz rich-

tig

tig aus der Theorie des geradlinichten Hebels ab. Wenn nämlich (fig. 24.) an den Armen ab, bc in der Ebene des Winkels abc die Kräfte p, q auf die Arme ſenkrecht ziehen, ſo denke man ſich aus dem Scheitel b mit dem kürzern Arm ba als Halbmeſſer den Kreis ada beſchrieben, und den Arm cb durch denſelben bis d verlängert. Man ſetze, in d ziehe eine Kraft r = p ebenfalls ſenkrecht auf db, ſo üben r und p gleiche Gewalt aus, die Scheibe ada um ihren Mittelpunkt b zu drehen. Soll dieſe Umdrehung durch q gerade gehindert werden, oder ſoll q mit r im Gleichgewichte ſeyn, ſo muß ſich q:r = db:bc verhalten. Daher, und weil r = p, db = ba, iſt auch p mit q im Gleichgewichte, wenn q:p = ab:bc, oder wenn ſich die Kräfte umgekehrt, wie die Längen der Arme, verhalten.

Wirken aber die Kräfte nach ſchiefen Richtungen an den Armen des Hebels (fig. 25.), ſo fälle man auf ihre Richtungen aus b die ſenkrechten Linien bd, be. Die Kraft p bemüht ſich eben ſo ſtark die ganze Ebene abc um b zu drehen, als dieß eine gleiche in e nach der Richtung ep angebrachte Kraft auch thun würde. Ingleichen ſtrebt die Kraft q in c vollkommen, die Ebene ſo um b nach cq zu drehen, wie eine gleiche Kraft thun würde, die in d nach dq zöge. Sollen aber die Kräfte in e und d im Gleichgewichte ſeyn, ſo müßten ſie ſich umgekehrt wie die Arme des Hebels ebd d. i. wie bd : be verhalten. Daraus folgt, daß ſich auch p und q, wenn ſie im Gleichgewichte ſeyn ſollen, wie bd : be, aber umgekehrt, wie die aus dem Ruhepunkte auf ihre Richtungen gefällten ſenkrechten Linien, verhalten müſſen. Daher gilt das Geſetz des Hebels, daß ſich die Kräfte im Gleichgewichte verkehrt, wie die Entfernungen vom Ruhepuukte, verhalten, auch am Winkelhebel.

Uebri-

Uebrigens erhellet, daß die Kräfte p und q zum Theil eine der andern Wirkung hindern, zum Theil das, was den Punkt b feſt hält, einen Nagel z. B. der daſelbſt ſo eingeſchlagen wäre, daß ſich der Winkel um ihn drehen muß, drucken.

Da die Punkte a und c einerley leiden, in welchem Punkte der Linien pm und qm auch die Kräfte p und q angebracht ſeyn mögen, ſo kann man ſich vorſtellen, ſie wären in m ſelbſt angebracht, wo ſich beyde Linien gehörig verlängert ſchneiden. Wenn ſich nun die ganze Ebene ambc nicht anders, als um den Punkt b drehen kann, ſo muß dieſer Punkt durch die vereinigte Wirkung beyder Kräfte in m nach mb getrieben werden. Dieſe mb bleibt alſo auch die Richtung, nach welcher der Ruhepunkt b gedruckt wird, wenn auch gleich die Kräfte in a, c oder andern Punkten der Linien ma und mc angebracht ſind; d. h. mb iſt die mittlere Richtung, nach welcher die Kräfte p, q den Punkt b drucken.

Man ziehe bt, bſ mit am, cm parallel, ſo iſt bſa = pma = btc; daher ſind wegen der rechten Winkel bey e und d die Dreyecke beſ und bdt einander ähnlich; mithin verhalten ſich die Linien bſ und bt oder die gleichen mt und mſ, wie be : bd d. i. wie die im Gleichgewichte ſtehenden Kräfte q und p. Wenn man daher auf den Richtungen der Kräfte von dem Punkte m an, wo ſie einander ſchneiden, zwey Linien mſ und mt nimmt, die ſich wie die Kräfte p und q verhalten, und das Parallelogramm mſbt unter dieſen Linien ergänzt, ſo iſt deſſen Diagonale mb die mittlere Richtung.

Schon

Schon lange hatte man erkannt, daß ein Körper, wenn er durch zwey Kräfte zugleich mit gleichförmiger Bewegung nach den Richtungen mſ und mt zu gehen genöthigt wird, deren eine ihn in einer gewiſſen Zeit durch den Raum mſ, die andere in eben der Zeit durch mt würde geführt haben, in derſelben Zeit durch die Diagonale mb des Parallelogramms mſbt gehen werde, deſſen Seiten mſ und mt die Räume beyder Bewegungen, unter dem gehörigen Winkel zuſammengeſetzt ſind.

Dieſen Satz, der als Grundſatz gelten kann, hat man auch durch Verſuche zu beſtätigen geſucht, wozu s'Graveſande, Nollet, Eberhard u. a. eigene Maſchinen angegeben haben.

Indeſſen iſt doch dieſer Satz mit Recht nur alsdenn für einen Grundſatz angenommen worden, wenn der Körper in jeder Stelle ſeines Weges gleich ſtark und gleich ſchnell nach Richtungen fortgeſchoben wird, die mit mſ und mt parallel ſind. Man hat aber gefragt, ob er noch eben das thun würde, wenn ihm die Geſchwindigkeiten nach mſ und mt bloß in dem Punkte m mitgetheilt werden, und man ihn alsdenn ſich ſelbſt überläßt, ohne auf ſeine Bewegung weiter zu wirken? Daher hat man diejenigen mit Recht getadelt, welche den Grundſatz von der zuſammengeſetzten Bewegung ohne allen weiteren Beweis allzuweit ausgedehnt, und daraus die ganze Mechanik herzuleiten geſucht haben. Dahin gehört Varignon und ſelbſt Newton, der die Theorie des Winkelhebels auf den Satz von zuſammengeſetzten Bewegungen und Kräften gründet.

Aus dieſem Grunde haben Andere, als Daniel Bernoulli [y]), d'Alembert [z]), Vanini [a]) und andere [b]) Beweiſe zu geben verſucht, welche auch für den Fall gelten ſollten, wenn der Körper während der Bewegung ganz ſich ſelbſt überlaſſen bleibt. Gegen Bernoulli's Beweis hat man eingewendet, er ſey zu weitläuftig und enthalte unerwieſene Vorausſetzungen. D'Alembert ſtellt ſich vor, der Körper liege auf einer Fläche, die ſich in einem Falze der einen Bewegung gleichförmig entgegenſchiebe, während der Falz ſelbſt mit der Fläche zugleich der andern Bewegung ebenfalls gleichförmig entgegen geſchoben werde. Hiebey muß der Körper in abſoluter Ruhe bleiben, weil ſeine beyden Bewegungen durch die entgegengeſetzten, die ihm die Fläche giebt, gerade aufgehoben werden. Weil nun die Fläche geſchoben werden ſoll, d. h. weil immerfort wirkende Kräfte ſie gleichförmig bewegen ſollen, ſo wird ſie ſich nach der Diagonale bewegen, und der Körper, der in abſoluter Ruhe iſt, wird auf ihr dieſe Diagonale beſchreiben. — Hierin liegt aber offenbar Vorausſetzung deſſen, was erwieſen werden ſoll. Denn wenn man annimmt, daß der Körper in abſoluter Ruhe bleibt, ſo muß man ſchon vorausſetzen, daß ſeine Bewegung dem gleichförmigen Fortſchieben der Fläche durch die Diagonale gerade entgegengeſetzt ſey, d. h. daß er ſich, wenn die Fläche ruhete, gleichförmig durch die Diagonale bewegen würde.

Allen

y) Commentar. Petropol. T. I.

z) Traité de dynamique. à Paris 1743. 4. p. 22.

a) Nouvelle démonſtration du principe de la compoſition des forces. im Journal des ſavans. an. 1764. T. V. p. 71 ſqq.

b) Recueil de mémoires concernant l'Oeconomie rurale. à Zurich 1760. 8.

Allen übrigen Beweiſen laſſen ſich ebenfalls wichtige Gründe entgegenſetzen, und vor Käſtner hat keiner einen allgemeinen Beweis von dieſem Satze in möglichſter Strenge geben können. Dieſer aber gründet die Theorie von der Zuſammenſetzung der Kräfte auf die von ihm aufgeſtellte einfache Theorie des Hebels. Nachdem er nämlich daraus die Theorie des Winkelhebels hergeleitet und gezeigt hatte, daß Kräfte, die nach (fig. 25.) ap und cq wirken, und welche man ſich nach dieſer Linien Richtung beyde an m vorſtellen kann, einander zwar gegenſeitig die Ebene abc um b zu drehen verhindern, aber doch zuſammen jeden Punkt der Linie mb nach mb fortſchieben würden; ſo ſucht er endlich noch zu erweiſen, daß die mittlere nach mb wirkende Kraft, wenn ſie eben ſo viel ausrichten ſoll, als die beyden äußern mſ und mt, auch der Größe oder Stärke nach, der Diagonale mb proportional ſeyn müſſe, d. h. daß ſie ſich zu den beyden äußern Kräften, wie mb zu mſ und mt verhalten müſſe. Dieſen Beweis führt Käſtner auf folgende Art:

Wirken (fig. 25.) auf m zwey Kräfte, deren Richtungen und Größen durch die Linien mt und mv ausgedruckt werden, und ergänzt man das Parallelogramm tcvm, ſo giebt deſſen Diagonale mc die mittlere Richtung an. Man fragt nun nach der Größe dieſer nach mc gerichteten Kraft, welche gerade eben ſo viel, als mt und mv zuſammen, wirken ſoll. Geſetzt dieſe Größe ſey = x. Nun ſtelle man ſich die Verlängerung von mc, als einen Faden md vor, ſo wird an dieſem Faden eine Kraft nach md ziehen können. Wenn nun dieſe gerade den Punkt m zurückhalten ſoll, daß ihn die Kräfte mt und mv nicht nach mc treiben, ſo muß ſie der mittleren Kraft entgegengeſetzt und gleich, mithin auch = x ſeyn.

Weil aber die drey Kräfte x, mt, mv einander an m gerade im Gleichgewichte erhalten ſollen, ſo kann man auch x und mt als ein Paar äußere anſehen, aus welchen eine mittlere entſtehen muß, die mit mv das Gleichgewicht hält, folglich mv gerade entgegengeſetzt ſeyn muß. Alſo giebt vm verlängert, mb die Diagonale des Parallelogramms unter den äußern Kräften x und mt.

Man ſetze nun md ſoll = x ſeyn, ſo daß das Parallelogramm mtbd werde; ſo muß der Punkt d ſo liegen, daß db = mt = cv, und weil der Punkt b in der verlängerten Linie vm ſeyn muß, ſo iſt mvc = mbd, auch cmv = dmb, mithin iſt auch mcv = mdb, und die Dreyecke mcv und mbd ſind einander gleich und ähnlich, folglich iſt mv = mb, und mc = md = x. Alſo ſtellt die Diagonale mc nicht nur die Richtung, ſondern auch die Größe der mittleren Kraft zu den beyden äußerſten mt, mv vor.

Wenn alſo ein Punkt von zwey Kräften zugleich getrieben wird, welche ſich den Richtungen und Größen nach, wie die Linien mt, mv verhalten, ſo wiederfährt ihm eben ſo viel, als ob ihn nur eine Kraft treibe, deren Richtung und Größe durch die Linie mc ausgedruckt wird.

Daraus erhellt, daß die zuſammengeſetzte Kraft allemal kleiner ſeyn müſſe, als die Summe der beyden äußern Kräfte mt + mv, weil die Diagonale eines Parallelogramms jederzeit kürzer iſt, als die Summe ſeiner beyden Seiten. Es geht alſo bey der Zuſammenſetzung allemal etwas von der Summe der Kräfte verlohren. Es laſſen ſich nämlich die Kräfte mt, mv, jede in ein Paar andere zerlegen, wovon allemal die eine der mittleren mc parallel, die andere auf mc ſenk-

ſenkrecht iſt. Die beyden auf mc ſenkrechten werden einander entgegengeſetzt und gleich, heben ſich alſo beym Zuſammenkommen gerade auf; und es bleiben nur die beyden mit mc parallelen übrig, welche zuſammen mc ſelbſt ausmachen. Die Verminderung oder der Abgang von der Summe der äußern Kräfte entſteht durch die wechſelſeitige Aufhebung jener einander entgegengeſetzten Theile. Dieſe Verminderung wird deſto ſtärker, je größer der Winkel iſt, welchen die Richtungen der beyden äußern Kräfte mit einander machen.

Die Lehre von der Zuſammenſetzung der Kräfte iſt bey der Erklärung außerordentlich vieler Naturerſcheinungen ungemein anwendbar, wovon vorzüglich Muſſchenbroek [c]) weitläuftig handelt.

Das Reiben oder die Friktion.

Ueber die ſo wichtige Lehre vom Reiben hatte, wie bereits angeführt worden, Amontons zuerſt Verſuche angeſtellt, und dabey den merkwürdigen Satz entdeckt, daß ſich die Friktion nicht nach der Fläche, ſondern mehr nach dem Drucke des Körpers richte. Seinen Verſuchen zufolge fand er die Größe derſelben ohngefähr $\frac{1}{3}$ des ganzen Drucks. Nach ihm hatten zwar Mehrere daſſelbe Reſultat durch Verſuche beſtätigt gefunden, dagegen aber auch Andere theils durch Erfahrung, theils durch theoretiſche Gründe eine andere Größe des Reibens herausgebracht. Es war daher natürlich, daß dieſer Ungewißheit wegen mehrere veranlaßt wurden, weitere Unterſuchungen über dieſen wichtigen Gegenſtand anzuſtellen.

Bil-

c) Introd. ad philoſ. natur. T. I. §. 572 ſqq.

Bilfinger d) ſuchte die Größe der Friktion auf eine andere Art, als Amontons, zu beſtimmen. Er erhob nämlich die Fläche, auf welcher der Körper lag, an dem einen Ende, ſo daß ſie gegen den Horizont eine ſchiefe Lage erhielt. Vermöge der Theorie der ſchiefen Fläche ſollte der Körper ſchon bey dem geringſten Neigungswinkel herabgleiten; wegen der Friktion aber thut er dieß erſt, wenn dieſer Winkel eine gewiſſe Größe erreicht hat. Den größten Winkel, unter welchem der Körper noch liegen bleibt, nennt Bilfinger den Ruhewinkel (angulus quietis). Bey dieſem Winkel wird der Körper eben ſo ſtark zur Bewegung getrieben, als ihn das Reiben zurückhält, und man findet durch gehörig angeſtellte Betrachtung, daß ſich das Reiben auf der wagrechten Fläche zum Drucke verhalte, wie die Tangente des Ruhewinkels zum Sinus totus. Bilfinger fand den Ruhewinkel allemal zwiſchen 12 und 15 Grad, woraus, wenn das Mittel $13\frac{1}{2}$ Grad angenommen wird, die Größe des Reibens = 0,24 oder faſt $\frac{1}{4}$ des Drucks folgt.

Nach eben dieſen Gründen iſt die Friktion auch von Belidor e) unterſucht worden. Dieſer fand durch ſeine Verſuche den Ruhewinkel 18° 20′, welches Amontons Beſtimmung von 1:3 ſehr nahe kommt.

Euler f) erinnerte aber, daß dieſe Methode, die Größe der Friktion zu beſtimmen, keine große Schärfe geben könne, man müßte vielmehr den Körper von der ſchiefen Ebene herabgleiten laſſen, und das Rei-

d) Comment. Petrop. T. II. p. 403 ſqq.

e) Architect. hydraul. liv. I. Chap. II. §. 224.

f) Sur le frottement in den Mémoir. de Pruſſe 1748. p. 122 ſqq.

Reiben aus dem Raume ſuchen, den er in einer beſtimmten Zeit zurücklege, worüber er Unterſuchungen anſtellt. Allein es finden ſich auch hiebey Schwierigkeiten, indem ſich ſchwerlich der Anfang des Herabgleitens genau beſtimmen laſſen wird.

Camus [g]) und Deſaguliers [h]) haben Amontons Satz vertheidigt, und durch viele Verſuche zu beſtärken geſucht. Der letztere giebt unter dem Nahmen einer Friktionsmaſchine zu ſolchen Verſuchen eine eigene Vorrichtung an, woran eine mit Gewichten beſchwerte Welle durch Schwingungen geſpannter Uhrfedern, die man loßläßt, ſchnell hin und her gedreht wird. Das Reiben der Welle in ihren Lagern macht, daß die Schwingungen der Federn immer ſchwächer werden, und endlich gar aufhören. So giebt die Anzahl der Schwingungen ein Maas für die Größe des Reibens; es werden der Schwingungen immer weniger, je mehr Gewicht man an die Welle bringt. Mit dieſer Einrichtung kann man ſehr ſchnell und ohne Vorbereitungen Verſuche anſtellen; aber zu einem genauen Maaße des Reibens iſt es auf keine Weiſe geſchickt.

Unter allen aber hat Muſſchenbroek [i]) die genaueſten Verſuche über das Reiben angeſtellt. Sie beweiſen, daß das Reiben zwar größtentheils, aber doch keinesweges gänzlich, vom Drucke abhange, und daß überhaupt kein allgemeines Geſetz für daſſelbe ſtatt finde. Aus ſeinen Verſuchen ergaben ſich nachſtehende Folgen:

Beym

g) Traité des forces mouvantes.

h) Courſe of experimental philoſophy. Lect. 4.

i) Introduct. ad philoſ. natural. Cap. IX.

Beym Tannenholze auf Tannenholz war das Reiben $\frac{1}{4}$ des Gewichtes nach dem erſten Verſuche. Aber dieß Verhältniß blieb bey den übrigen Verſuchen nicht daſſelbe, ſondern die Friktion ward bey zunehmendem Druck ein kleinerer Theil deſſelben, und betrug nur $\frac{1}{6}$.

Beym Tannen- auf Buchsbaumholz war die Friktion anfänglich der 5te Theil, beym zunehmenden Gewicht aber der 6te, ja endlich nur der 8te Theil deſſelben.

Beym Eichenholze auf Eichenholz und geringem Druck war die Friktion anfangs nicht ſo ſtark, als bey Tannen- auf Tannenholz; bey ſtärkerm Druck aber ward die Friktion zwar auch ein kleinerer Theil des Drucks, jedoch etwas größer, als beym Tannen- auf Tannenholz.

Das Reiben des Eichenholzes auf Buchsbaum war anfangs ohngefähr eben ſo groß, bald aber noch kleiner, als des Tannenholzes auf Buchsbaum.

Wenn die Fibern der Hölzer, welche auf einander bewegt wurden, nicht einander parallel waren, ſondern das eine nach der Länge ſeiner Fibern, quer über dem andern ſo fortgezogen ward, daß die Fibern des zweyten auf den Fibern des erſtern ſenkrecht ſtanden, ſo war die Friktion weit ſtärker, vorzüglich bey Tannen- auf Tannenholz. Bey vermehrter Fläche ward zwar das Reiben ſtärker, aber keinesweges im Verhältniſſe der Fläche ſelbſt.

Das Reiben der Metalle hat Muſſchenbroek vermittelſt einer dazu beſonders eingerichteten Maſchine unterſucht, die er das Tribometer nennt. Das vornehmſte Stück derſelben war eine hölzerne Welle

(fig.

(fig. 26.) ab, 4 Zoll dick. Durch ihre Mitte gieng eine Axe von gehärtetem Stahl, ſo daß auf beyden Seiten der Welle zwey Zapfen hervorragten. Der vorderſte Theil dd dieſer Zapfen war $\frac{1}{4}$ Zoll, der hinterſte $\frac{1}{2}$ Zoll dick, und dieß deßwegen, damit die Verſuche ſowohl mit den dickern, als auch den dünnern Zapfen angeſtellt werden konnten. Die ganze Welle mit ihrer Axe war zuſammen 3 Pfund ſchwer. Dieſe Welle ward auf ein dazu gehörig eingerichtetes Gerüſte gelegt. Man konnte ſich dazu verſchiedener Zapfenlager bedienen, die theils aus Guajacholz, theils aus verſchiedenen Metallen verfertigt, alle aber ſo, wie die Zapfen ſelbſt, ſehr wohl polirt waren. Um die Welle ſelbſt war ein Seil geſchlagen, woran auf beyden Seiten ein Paar gleiche Gewichte hiengen, um den Druck gegen die Zapfenlager nach Gefallen zu vergrößern. Auf der einen Seite hieng an einer ſehr feinen Schnur eine Schaale r, um darein die Gewichte zu legen, welche die Welle drehen ſollten. Weil beym Gebrauch der dünnen Zapfen dd die Welle 16mal dicker, als die Zapfen, war, folglich r 16mal mehr Moment bekam, als das Reiben am Umfange von d, ſo verhielt ſich die Friktion zum Druck, wie 16 r : p + q + 3 Pfund.

Liefe z. B. der ſtählerne Zapfen auf Meſſing, und hienge an beyden Seiten der Welle 1 Pfund Gewicht = p = q, ſo müßte die Bewegung der Welle r = 6 Drachmen = $\frac{3}{64}$ Pfund ſeyn. Folglich war die Friktion zum Druck wie $\frac{3.16}{64}$: 1 + 1 + 3 = $\frac{3}{4}$: 5 oder wie 1 : 6 $\frac{2}{3}$. Wurden die Zapfen eingeölt, ſo brauchte man in r nur 5$\frac{1}{2}$ Drachmen = $\frac{11}{256}$ Pfund;

mithin war die Friktion zum Druck wie $\frac{11.16}{256} : 5 = \frac{11}{16} : 5 = 1 : 7\frac{3}{11}$.

Aus dieſen Verſuchen ergaben ſich folgende Sätze:

Beym Stahl iſt die Friktion am geringſten auf Meſſing, ſie iſt größer auf Bley, ferner nach der Ordnung auf rothes Kupfer, Guajac-Holz, Stahl und Zinn. Beym Stahl auf Guajac-Holz iſt die Friktion nicht ſehr ſtark, wenn gleich kein Oel dazwiſchen gebracht wird.

Die Friktion wächſt nicht genau in dem Verhältniſſe des Drucks, und jede Art der Körper hat ihre ganz beſondern Geſetze des Reibens, die dieſer Art allein eigen ſind, und ſich nicht allgemein machen laſſen. Denn ſo iſt die Friktion beym Stahl auf Meſſing, wenn es eingeölt wird, etwa nur $\frac{1}{7}$ des Drucks, beym Stahl auf Stahl, Zinn und Guajac-Holz $\frac{1}{4}$ des Drucks, und auf rothes Kupfer etwa $\frac{1}{5}$ deſſelben. Ueberhaupt reiben ſich gemeiniglich Körper von einerley Art ſtärker an einander, als Körper, die von verſchiedener Art ſind.

Die bisherigen Unterſuchungen der Mathematiker und Naturforſcher betreffen bloß die Friktion für den erſten Augenblick, in welchem der Körper ſich zu bewegen anfängt. Muſſchenbroek bemerkt aber auch ſchon, daß ſich ihre Größe bey der Bewegung ſelbſt ändere, und beſtätigt dieß durch einige Verſuche. Es war ihm bekannt, daß eine jede Maſchine nur einen beſtimmten Grad der Geſchwindigkeit erlangt, wenn gleich die Kraft ununterbrochen zu wirken fortfährt. Er ſchloß daraus, daß dieſer Erfolg ſich daher am natürlichſten erklären laſſe, wenn man annehme, daß

die

die Friktion ſtärker werde, wenn die Geſchwindigkeit zunimmt. Auf dieſe Art hat Muſſchenbroek k) vermittelſt ſeines Tribometers

für die Verhältniſſe der Geſchwindigkeiten

4 6 7 8 10

folgende Verhältniſſe der Friktion

1 $1\frac{1}{2}$ 2 3 4

gefunden. Die Differenzen der Zahlen, welche die Geſchwindigkeiten ausdrucken, verhalten ſich ziemlich genau, wie die Logarithmen derjenigen Zahlen, welche die zugehörigen Friktionen ausdrucken. Der Herr von Segner l), welcher die anfängliche Friktion die Friktion der Ruhe nennt, und dieſe von der Friktion der Bewegung unterſcheidet, legte dieſen von Muſſchenbroek angeführten Satz bey ſeinen Unterſuchungen zum Grunde, und ſtellte eigene ähnliche Verſuche an, wodurch die Sache viel Wahrſcheinlichkeit erhielt. Er gebrauchte nämlich hiezu eine Uhr, die aus vier Rädern beſtand, und nur mit einem Minuten- und Sekundenzeiger verſehen war, nachdem der Perpendikel vorher nebſt dem Haken abgenommen war, um den Rädern freyen Lauf zu laſſen. An ihre Welle wurden verſchiedene Gewichte gehängt, und man bemerkte ſowohl die anfängliche Friktion, als auch hiernächſt die jedem Gewichte zugehörige Geſchwindigkeit, nachdem der Umlauf der Räder gleichförmig geworden war.

Euler m) betrachtet dagegen das Reiben als eine während der ganzen Bewegung beſtändig einerley blei-

k) Inſtitut. phyſ. §. 413. eſſai de phyſique §. 349. introduct. ad philoſ. natur. §. 523.

l) Diſp. de adfrictu ſolidorum in motu conſtitutorum. Halae 1758.

m) Theoria motus corporum ſolidorum. §. 961. p. 450.

bleibende Größe, und leitet daraus Methoden her, aus der Zeit, worin eine gegebene Kraft die gegebene Laſt in einer Maſchine auf eine gegebene Höhe hebt, die Größe der Friktion zu beſtimmen. Dieſe Methoden gelten zwar nur für den Beharrungsſtand, in welchem die Friktion wirklich unverändert bleibt; ſie ſind aber gleichwohl für die Ausübung ſehr brauchbar, da der Beharrungsſtand eben derjenige iſt, für welchen eine jede Maſchine berechnet und eingerichtet werden muß.

Uebrigens handeln die mathematiſche Theorie der Friktion mit Anwendungen auf die Maſchinen Belidor[n]) und Karſten[o]) ab.

Gleichgewicht und Bewegung tropfbar flüſſiger Körper.

Das Geſetz des Gleichgewichtes flüſſiger Materien in communicirenden Röhren hatte zwar Mariotte zu erweiſen geſucht, deſſen Beweis man auch mit einigen Abänderungen bey Wolf[p]) findet; allein man hatte dagegen mit Recht eingewendet, daß ſich dieſer Beweis auf Gründe ſtütze, welche nur für feſte Körper völlig erwieſen ſind, und ohne große Sprünge im Schließen auf flüſſige Materien nicht angewendet werden können. Außerdem ſetzen ſie cylindriſche durchaus gleich weite Röhren voraus, und würden nur mit großer Weitläuftigkeit und durch Zerlegung in Elemente auf Röhren von jeder irregulairen Geſtalt erweitert werden können.

Daniel Bernoulli[q]) verſuchte daher einen andern Beweis dieſes Geſetzes. Er geht von dem Satze aus,

n) Architect. hydraulique. Liv. I. chap. 2.

o) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Mechanik. Abſchn. XXII. u. f.

p) Elementa matheſ. univerſae. elem. hydroſtaticae.

q) Hydrodynamica ſect. II. §. 1 ſqq.

aus, daß die Oberfläche flüſſiger Körper, wenn ſie in Ruhe ſind, in jedem Behältniſſe wagrecht iſt. Dieſen Satz betrachtet er als Lehrſatz, und beweißt ihn ſo: Es ſey ein Gefäß (fig. 27.) mit einer flüſſigen Materie angefüllt, und man ſtelle ſich vor, die Oberfläche derſelben ſey nicht horizontal; ſo wird ein auf der erhabenern Stelle beſonders betrachteter Tropfen a vermöge ſeiner Schwere nach der vertikalen Richtung ac ſollicitirt. Man zerlege dieſe Kraft der Schwere ac in die beyden Seitenkräfte ad und ab, deren erſtere auf der Oberfläche der flüſſigen Materie ſenkrecht, und die andere nach einer Richtung wirkt, welche die Oberfläche berührt. Da nun der letztern Kraft nichts widerſteht, ſo muß ſich auch der Tropfen a gegen e hin bewegen können; dieß wäre aber wieder die Vorausſetzung, daß nämlich die Oberfläche der flüſſigen Materie im Zuſtande der Ruhe nicht völlig horizontal wäre. Daraus folgt alſo, daß allenthalben keine Tangentialkraft angetroffen werde, welches aber nicht anders ſtatt haben kann, als wenn die Oberfläche völlig wagrecht iſt.

Hiernächſt giebt nun Bernoulli von dem erwähnten Geſetze des Gleichgewichts flüſſiger Materien in communicirenden Röhren zwey Beweiſe:

1. Wenn nämlich in beyden Schenkeln (fig. 28.) der Röhre abc einerley flüſſige Materie gleich hoch ſtehe, ſo könne ſie dieſen Zuſtand nicht verändern, weil ſich eine ſchwere Maſſe aus einer niedrigern Stelle in eine höhere zu begeben nicht im Stande ſey, welches gegen die Natur der Schwere wäre; denn wenn in e die Oberfläche bis g herabſinke, ſo ſteige die in d auf der andern Seite bis f. Da nun der übrige Theil der Röhre ſowohl vor als nach dem veränderten Zuſtande mit ein und der nämlichen flüſſigen Materie angefüllt

ſey,

ſey, ſo könne die Wirkung der Veränderung in nichts weiter beſtehen, als daß der herabgeſunkene Theil eg in df aufſteige.

2. Erhelle dieſes Geſetz auch aus dem Satze, daß die flüſſige Materie in einem jeden Behältniſſe eine völlig wagrechte Geſtalt annehme. Man könne ſich nämlich in einer ſolchen ruhenden flüſſigen Materie eine Röhre von welcher Geſtalt man wolle gedenken, und alles würde, wie vorher, in Ruhe bleiben, indem es einerley ſey, die flüſſige Materie möge in der Röhre enthalten ſeyn, und von den Wänden derſelben, oder von der angrenzenden flüſſigen Materie gehalten werden.

D'Alembert r) machte gegen den Beweis, welchen Bernoulli von dem Satze, daß eine jede flüſſige ſtillſtehende Materie eine vollkommene wagrechte Ebene bilde, gegründete Einwendungen, und legte vielmehr bey ſeinen Unterſuchungen folgenden Satz zum Grunde, von welchem er glaubt, daß er jedem als Erfahrungsſatz einleuchtend ſey:

Wenn ein Gefäß von beliebiger Geſtalt mit einer flüſſigen Materie ganz erfüllt iſt, und man in dieſem Gefäße eine kleine Oefnung macht, und an derſelben die Oberfläche der flüſſigen Materie druckt, ſo verbreitet ſich dieſer Druck gleichförmig nach allen Richtungen und durch alle Theile der flüſſigen Materie ſo, daß alle Punkte des Gefäßes nach der auf die Wände deſſelben ſenkrechten Richtung mit einer Kraft gedruckt werden, welche der an der Oefnung druckenden Kraft gleich iſt.

Aus

r) Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides. à Paris 1744. 4. §. 13. I.

Aus dieſem Satze ſucht d'Alembert die ganze Hydroſtatik abzuleiten. Eben ſo verfährt auch Euler[s]).

Käſtner[t]) bemerkt aber ganz richtig, daß es weit beſſer ſey, dieſen Satz, daß die Oberfläche jeder in ein Behältniß eingeſchloſſenen flüſſigen Materie völlig wagrecht ſey, mit Simon Stevin als einen ſolchen anzunehmen, von dem man ſich durch Erfahrung ſo leicht verſichern könne. Ihm komme es nicht vor, als ob eine ſo einfache und leichte Erfahrung den Grundſatz lehrte, welchen d'Alembert und Euler annähmen. Sonſt nimmt Käſtner Bernoulli's Beweis des Geſetzes des Gleichgewichts flüſſiger Materien in communicirenden Röhren als den überzeugendſten an, und ſucht ihn auf folgende Art etwas umſtändlicher zu erläutern. In dem Gefäße (fig. 29.) ſtehe Waſſer bis an die wagrechte Ebene ab. Von dieſem Waſſer betrachte man denjenigen Theil beſonders, der die willkührlichen Grenzen dih auf einer Seite, efg auf der andern hat; ſeine Oberflächen de, gh, ſind in der gemeinſchaftlichen Oberfläche ab; man betrachte ein Stückchen der eingebildeten Grenze, welche dieſes eingeſchloſſene innere Waſſer von dem äußern Waſſer des Gefäßes abſondert z. B. pq; alles Waſſer will vermöge ſeiner Schwere ſinken, und jedes Waſſertheilchen muß, wenn es ſinken ſoll, andere aus ſeiner Stelle treiben, die nicht nur gerade, ſondern auch ſeitwärts unter ihm liegen, ja es muß anderes Waſſer zum ſteigen nöthigen. Solchergeſtalt wird pq ohne Zweifel von dem eingeſchloſſenen Waſſer, und von dem Waſ-

s) De l'équilibre des fluides in den Mém. de l'Acad. des ſcienc. de Pruſſe. 1755.

t) Anfangsgründe der angewandten Mathematik, Hydroſtat. §. 9. u. f.

Waſſer des Gefäßes verſchiedentlich gedruckt werden. Man braucht nicht jeden einzelnen Druck beſonders zu betrachten, man ſieht überhaupt, daß er entweder ſenkrecht auf pq ſeyn muß, oder ſich in zwey Kräfte zerlegen läßt, deren eine ſenkrecht auf pq, die andere gleichlaufend mit pq wirkt, und alſo pq aus ſeiner Stelle zu treiben nichts vermag. Man kann demnach annehmen, der Druck des eingeſchloſſenen Waſſers, der pq aus ſeiner Stelle zu treiben bemüht iſt, gehe nach einer ſenkrechten Richtung auf rp, und der Druck des Waſſers im Gefäße nach derſelben Verlängerung, aber in entgegengeſetzter Richtung mp. Soll aber pq ruhig bleiben, ſo muß jener Druck ſo viel vermögen als dieſer, und jedes Element der eingebildeten Grenze des eingeſchloſſenen Waſſers muß alſo nach einer ſenkrechten Richtung auf dieſes Element, ſo ſtark von dem innern Waſſer hinauswärts, als von dem äußern hineinwärts gedruckt werden.

Beſtände pq aus einer feſten Materie, ſo würde es auf eben die Art den Druck des Waſſers auf beyden Seiten aufhalten, ohne aus ſeiner Stelle getrieben zu werden, das Waſſer aber würde gegen einander vollkommen auf die vorige Art wirken, ohne daß die Erdichtung eines feſten Elementes pq darin die geringſte Veränderung machte.

Beſtände die ganze Grenze dih aus lauter ſolchen feſten Elementen, die aber unter ſich keine feſte Verbindung hätten, ſo würde dieſes in dem Drucke des Waſſers gegen einander nichts ändern, und der gegenſeitige Druck des innern und äußern Waſſers würde eben die vorige Geſtalt dieſer Grenze erhalten.

Aber wenn der Druck des äußern Waſſers bey m weggenommen würde, ſo müßte man pq durch eine ande-

andere Kraft in ſeiner Stelle erhalten, und dieſe Kraft würde, wenn ſie weiter nichts thäte, als pq zu erhalten, in dem innern Waſſer keine Aenderung machen. Dieſe Kraft könnte der Zuſammenhang des Elementes pq mit den übrigen Theilen der Grenze dih ſeyn, oder, es würde in dem innern Waſſer nichts geändert werden, wenn die Grenze aus einer zuſammenhangenden feſten Materie beſtände.

Da ſich alles dieſes auch von efg ſagen läßt, ſo wird in dem innern Waſſer nichts geändert werden, wenn es in eine feſte Röhre dihgfe eingeſchloſſen iſt. Die Wände dieſer Röhre nämlich werden den Druck des innern Waſſers aufhalten, wie ihn zuvor der Druck des äußern Waſſers aufhielt, und weil das innere Waſſer dadurch ſeine Figur behielte, daß ſein Druck nach außen mit dem Drucke des äußern Waſſers nach innen im Gleichgewichte war, ſo wird es dieſe Geſtalt noch behalten, wenn ſein Druck nach außen durch die Feſtigkeit der Wände aufgehoben wird, die zwar ſelbſt keinen Druck nach innen ausüben, aber eben deßwegen hier die Stelle des äußern Waſſers vollkommen vertreten können, deſſen Druck nach innen durch des innern Waſſers entgegengeſetzten Druck aufgehalten wird.

Aus dieſer Käſtner'ſchen Erläuterung ergiebt ſich nun ſehr leicht der von Bernoulli geführte andere Beweis des Geſetzes des Gleichgewichts der flüſſigen Materien in communicirenden Röhren.

Käſtner ſucht ihn aber noch mehr durch folgende Betrachtungen zu erläutern, deren ähnliche man ſchon bey Simon Stevin findet (Th. I. S. 82.): Es ſey (fig. 30.) kl eine wagrechte Ebene unter gh. Dieſe Ebene wird von dem Waſſer über ihr, wel-

welches ſeiner Schwere wegen ſinken will, niederwärts gedruckt; das Waſſer in dem andern Schenkel aber will ebenfalls ſinken, und wenn dieſes ſinken ſoll, muß kl ſteigen; alſo befindet ſich kl zwiſchen zwey Kräften, die ſie nach entgegengeſetzten Richtungen treiben; und weil alles, wie angenommen wird, ruhig bleibt, ſo müſſen dieſe beyden Kräfte auf kl gleichviel vermögen; oder die eine muß die Ebene ſo ſtark niederwärts drucken, als die andere aufwärts. Wäre klhg ein ſenkrechter Cylinder oder ein ſenkrechtes Prisma, ſo würde kl mit einem Gewichte gedruckt werden, das der Laſt der Waſſerſäule gleich wäre, welche dieſes Prisma ausfüllte. In dieſem Falle ließe ſich alſo die Gewalt berechnen, mit welcher kl niedergedruckt würde; d. i. die Gewalt, welche derjenigen entgegengeſetzt iſt, mit welcher kl von dem Waſſer in dem andern oder linken Schenkel aufwärts gedruckt würde. Nun bleibt die letztere Gewalt einerley, wenn die Geſtalt dieſes andern Schenkels und die Menge des Waſſers in ihm einerley bleibt, und dieſe Gewalt iſt der, welche kl niederdruckt, allemal gleichgültig, wenn das Waſſer, das kl niederdruckt, ſeine Oberfläche in der Ebene degh hat, was auch übrigens die Röhre, darin es ſich befindet, zwiſchen kl und gh für eine Geſtalt hat. Folglich iſt der Druck des Waſſers in dem Schenkel ghlk auf kl allemal von Einer Größe, ſo lange die Ebene kl und ihre Tiefe unter degh ungeändert bleiben; und folglich allemal ſo groß, als er in dem Falle iſt, da man ihn berechnen kann; d. i. die Ebene kl wird von dem Waſſer über ihr, was auch die Röhre für eine Geſtalt hat, ſo gedruckt, wie ſie von einem Prisma voll Waſſer gedruckt würde, das kl zur Grundfläche und die Weite zwiſchen den Ebenen kl und degh zur Höhe hätte.

Hier-

Hieraus erhellet alſo, daß das Waſſer unter keiner andern Bedingung ruhig ſeyn kann, als wenn es in beyden Schenkeln gleich hoch ſteht. Man ſetze, die Röhre über kl ſey leer und kl ſelbſt eine Ebene von einer feſten Materie, die in die Höhlung der Röhre genau paßt, und man verhindert dieſe Ebene durch einen Druck auf ſie zu ſteigen. So könnte man den andern Schenkel füllen, daß deklid voll Waſſer wäre; aber ſobald der Druck auf kl aufhörte, würde das Waſſer die Ebene kl in die Höhe ſtoßen, und nicht eher ruhen, bis ſeine Oberfläche in beyden Schenkeln wagrecht wäre. Das Waſſer nämlich in dem linken Schenkel wendet eine Kraft an, kl in die Höhe zu treiben, die ſo groß iſt als der Druck eines Waſſerprisma, deſſen Grundfläche kl iſt, deſſen Höhe aber ſo viel beträgt, als kl tiefer iſt als die Oberfläche des Waſſers im linken Schenkel, folglich verſchwindet dieſe Kraft, welche kl zu heben ſtrebt, nicht eher, bis die Höhe des genannten Prisma verſchwindet, d. i. bis kl in eine wagrechte Ebene mit der Oberfläche des Waſſers im linken Schenkel kommt. Alſo iſt Waſſer in der Röhre nie ruhig, als wenn ſeine Oberflächen in beyden Schenkeln in einer einzigen wagrechten Ebene ſtehen.

Bisher hatten die Mathematiker und Phyſiker ſich vorzüglich mit Verſuchen beſchäftigt, um mit Gewißheit das richtige Geſetz zu beſtimmen, nach welchem Waſſer aus der Oefnung eines Gefäßes herausſpringt. Dieſe Verſuche, von welchen bereis im zweyten Theile S. 395. u. f. umſtändlich geredet worden iſt, beſtätigten Torricelli's Geſetz, daß ſich die Geſchwindigkeit des herausfließenden Waſſers wie die Quadratwurzel der Waſſerhöhe verhalte. Ueber die Bewegung flüſ-

flüſſiger Materien aber hatten Herrmann, Newton, und Varignon nur einige wenige Unterſuchungen angeſtellt. Die Vervollkommnung der Analyſe hatte endlich die vollſtändigere Entwickelung der Theorie der Bewegung flüſſiger Materien zur Folge. Die beyden Bernoulli, Vater und Sohn, Johann und Daniel, waren die erſten, welche dieſe Theorie umſtändlich abhandelten. Daniel Bernoulli [u]) hatte ſeine Schrift bereits im Jahre 1730 ausgearbeitet, aber erſt im Jahr 1738 herausgegeben. Er hat ſeine ganze Theorie auf das Geſetz der Erhaltung lebendiger Kräfte gegründet, und daraus ſo viele ſeinen Vorgängern zu ſchwer gebliebene Aufgaben aufgelößt. Seine Unterſuchungen bleiben ungemein lehrreich, weil er eine außerordentlich große Geſchicklichkeit beſaß, die Theorie mit den Erfahrungen ſo ſchön zu verbinden. Man kann in der That behaupten, daß ſeine Arbeit ein Meiſterſtück dieſes Gegenſtandes ausmacht. Da aber das Geſetz von der Erhaltung der lebendigen Kräfte damals nicht allen ein zulänglich ſicherer Grund ſchien, ſo ſuchte Johann Bernoulli [x]) ſeine Lehre von der Bewegung der flüſſigen Materien aus Sätzen, über welche alle einig ſind, herzuleiten.

Schon im Jahre 1727 hatte Daniel Bernoulli in einer Abhandlung von der Bewegung des Waſſers durch Canäle [y]) den Nutzen des Geſetzes von Erhal-

u) Hydrodynamica ſ. de viribus et motibus fluidorum commentarii. Argentor. 1738. 4.

x) Hydraulica, nunc primum detecta et demonſtrata, directe ex fundamentis pure mechanicis. an. 1732. opp. T. IV. n. 186.

y) Theoria nova de motu aquarum per canales quoscunque

Erhaltung der lebendigen Kräfte gezeigt, und ſelbſt Johann Bernoulli hat auch die allgemeine Formel für den Ausfluß aus einem Canale, aus dieſem Satze abgeleitet.

Ueber die Zuſammenziehung des Waſſerſtrahls, welcher ſich aus einem im Boden oder zur Seite befindlichen Loche ergießt, hat Daniel Bernoulli unterſchiedene Betrachtungen angeſtellt. Wie ſich die Waſſertheile beym Ausfluſſe lenken, beobachtete er auf folgende Art. Er nahm Stückchen Siegellack, und ließ dieſe mit dem Waſſer ausfließen; hier bemerkte er, daß die Waſſertheile, ſo lange ſie noch hoch über dem Boden ſind, faſt lothrecht herunter giengen, und, wenn ſie ihm nahe kommen, ſich nach der Oefnung zu lenken, ſo daß die, die dem Boden am nächſten ſind, faſt horizontal, die entferntern mehr vertikal da hinausfließen. Wenn ſie demnach in ſo mannichfaltigen Richtungen an die Oefnung kommen, ſo kann nicht jedes ſeine Richtung behalten, oder ſogleich eine, die der Axe des Waſſerſtrahls parallel wäre, annehmen, ſie ſtoßen vielmehr ſelbſt auf allerley Art gegen einander, und ſo wird theils der Waſſerſtrahl zuſammengedruckt, und enger, als er beym Ausfluſſe war, theils die Bewegung des Waſſers durch die Wirkung der Theilchen in einander noch nach dem Ausfluſſe beſchleunigt, welche Beſchleunigung von derjenigen zu unterſcheiden iſt, welche es durch die Wirkungen der Schwere als ein fallender Körper erhält. Um alſo die Geſchwindigkeit des Ausfluſſes des Waſſers aus der Oefnung zu berechnen, ſchlägt Bernoulli vor, den Quer-

que fluentium in Comment. Petrop. T. II. ad an. 1727. p. 111.

Querſchnitt des zuſammengezogenen Waſſerſtrahls als die Grundfläche des Waſſercylinders anzunehmen.

Der Herr von Segner[z]) fieng zu Göttingen an, die Theorie der Hydraulik in einigen Einladungsſchriften abzuhandeln. In ſeinem Eingange bemerkt er, daß ſeine Abſicht vornemlich ſey, einiges, was die beyden Bernoulli analytiſch entdeckt haben, in einem kurzen ſynthetiſchen Vortrage zu lehren. In ſeinen ſechs erſten Aufſätzen ſind von ihm die Gründe der Unterſuchung gelegt worden, und in dem ſiebenten iſt eine kurze Anwendung davon auf Waſſer enthalten, welches durch eine ſehr enge Röhre fließt.

D'Alembert[a]) bedient ſich bey ſeinen Unterſuchungen über die Lehre der Bewegung flüſſiger Materien derſelben Methode, die er in ſeiner Dynamik angewendet hat. Sie beſteht darin: bey einem Syſteme von Körpern, die auf einander wirken, ſieht er die Geſchwindigkeit, mit welcher jeder Körper ſich zu bewegen ſtrebt, als aus zweyen Theilen zuſammengeſetzt an, deren einer aufgehoben wird, und der andere der Bewegung der übrigen Körper auf keine Art nachtheilig iſt. Bey den flüſſigen Körpern nimmt d'Alembert noch dazu an, daß es erlaubt ſey, die flüſſige Materie durch parallele Ebenen in Schichten einzutheilen, da alle Waſſertheilchen, welche ſich in einer Schichte befinden, gleiche Geſchwindigkeit, und parallele Richtungen haben. Für eine unbeſtimmte Waſſerſchichte heiße dieſe Geſchwindigkeit v, und verwan-

dele

z) Exercitationum hydraulicarum faſciculus. Goetting. 1747. 4.

a) Traité de l'équilibre et du mouvement des fluides pour ſervir de ſuite au traité de dynamique. à Paris 1744. 4.

dele ſich in v — dv, indem das Waſſer dieſer Schichte die Stelle der nächſt darunter befindlichen einnimmt. Wenn man nun annimmt, eben dieſe Schichte bekomme zu gleicher Zeit die Geſchwindigkeit + dv (die unendlich kleine Geſchwindigkeit nämlich, um welche ſich die vorige änderte, aber nach entgegengeſetzter Richtung), ſo wird die flüſſige Materie im Gleichgewichte bleiben.

D'Alembert's Beweis iſt folgender: da v = v — dv + dv, und man annimmt, die Geſchwindigkeit jeder Schicht ändere ihre Richtung nicht, ſo kann man jede Schicht in dem Augenblicke, da ſich ihre Geſchwindigkeit v in v — dv verwandelt, anſehn, als würde ſie zugleich mit der Geſchwindigkeit v — dv und der Geſchwindigkeit + dv getrieben. Weil ſie aber von dieſen beyden Geſchwindigkeiten nur die erſte behält, ſo muß die zweyte + dv ſo beſchaffen ſeyn, daß ſie nichts in der erſten ändert, und folglich vernichtet wird. Alſo würde die flüſſige Materie in Ruhe bleiben, wenn jede Schicht nur die Geſchwindigkeit + dv hätte.

Dieß vorausgeſetzt, beſteht die übrige ganze Theorie bloß in Rechnungen, deren Folgen mit den Sätzen der beyden Bernoulli meiſtens übereinſtimmen. Uebrigens tadelt d'Alembert Johann Bernoulli's Gründe mit großer Strenge. Allein Käſtner [b]) bemerkt: träfen d'Alemberts Einwendungen Bernoulli's Theorie, ſo wäre es einem Wunderwerke ähnlich, daß ein ſolches Gewebe von Ungereimt-

b) Hydrodynamik. Götting. 1769. 8. 2te Ausg. 1797. 8. S. 610.

reimtheiten Wahrheit lehre. Ein Paar Irrthümer könnten ſich wohl einander aufheben, daß jemand, der ſie beyde zuſammen annehme, etwas wahres herausbringe, aber ſo viele ſolcher Sätze, von welchen ſich d'Alembert mit einer Höflichkeit ausdrucke, die ſeine Gedanken doch durchſcheinen ließe, ſollten die alle zuſammen etwas geben, das unter ſich und mit andern Wahrheiten übereinſtimmte? Es ſey in der That ſehr leicht, gegen d'Alembert's Theorie ſo viel Schwierigkeiten zu machen, als er gegen Bernoulli's Theorie mache. Man dürfe ſich nur eben ſo wenig Mühe geben, ſie recht zu verſtehen.

Auch bleibt d'Alembert bloß bey den allgemeinen theoretiſchen Unterſuchungen ſtehen, und überläßt die Anwendung des Leſers eigener Bemühung.

Nächſtdem hat vorzüglich Euler in verſchiedenen Abhandlungen [c]) der Methode des Johann Bernoulli mehr Allgemeinheit zu geben geſucht, auch von derſelben einige praktiſche Anwendungen gemacht.

Zu den Urſachen, welche machen, daß das Waſſer in freyer Luft nicht wieder eben ſo hoch ſteigt, als es gefallen iſt, und welche bereits im 2ten Theile S. 410 u. f. angeführt worden, ſetzt Käſtner [d]) noch eine hinzu, welche noch von niemanden bemerkt worden iſt: Es wird nämlich das Waſſer ſowohl in c als in g (fig. 31.) von der Atmosphäre gedruckt. Dieſer Druck

c) Mémoir. de l'Acad. des ſcienc. de Pruſſe. 1750. 1751. 1752. 1754. Nov. comment. Petrop. T. VI. und Principes generaux du mouvement des fluides in den Mém. de Pruſſe. 1755. p. 274 ſq.

d) Hydrodynamik. Gött. 1797. 8. S. 181 f.

Druck iſt nicht an beyden Seiten gleich ſtark, daß man ihn deßwegen weglaſſen könnte. Er iſt in g ſo viel ſtärker, ſo viel das Gewicht einer Luftſäule beträgt, die ſich von d bis c erſtreckt; und da dieſe Länge beym ſpringenden Waſſer nicht ſogar geringe zu ſeyn pflegt, ſo kann man das Gewicht dieſer Luftſäule nicht ſo leicht aus der Acht laſſen, wie etwa beym Heber geſchieht. Man muß es wenigſtens einiger Maaßen zu kennen ſuchen, um daraus zu beurtheilen, ob es beträchtliche Aenderungen machen kann. Dazu kann folgendes dienen:

Wenn man in einem Barometer die Höhe des Queckſilbers bey g mäße, alsdenn das Barometer bey c brächte, wo das Queckſilber niedriger ſtehen müßte, ſo gäbe der Unterſchied zwiſchen beyden Höhen des Queckſilbers, wie viel der Druck bey c geringer iſt, als bey g. Einen Begriff hievon könne man ſich, ſagt Käſtner, aus ſchon bekannten Verſuchen machen. Mariotte erzähle, das Queckſilber ſey etwa um $\frac{1}{3}$ einer Linie gefallen, indem man ein Barometer aus dem Keller der Pariſer Sternwarte oben hinauf, 84 Fuß höher, getragen habe. Dieſe Queckſilberſäule von $\frac{4}{3 \cdot 144}$ eines Fußes gleiche hier einer Waſſerſäule von $\frac{4 \cdot 14}{3 \cdot 144} = \frac{7'}{54} = 0',1296$. Wäre alſo die Höhe dc = 84', ſo könnte man ſich die Sache ſo vorſtellen, als würde der Druck der Luft bey c und bey g weggenommen, über der Oefnung bey g ſtünde eine Waſſerſäule von 0,13 Fuß hoch, deren Gewicht durch das herausſpringende Waſſer gehoben werden müßte. Sey die Höhe dc geringer, ſo könne man ohne merklichen Irrthum die erwähnte Waſſerſäule in eben dem Ver-

hältniſſe kürzer annehmen, nur vom $\frac{7'}{108}$ für dc = 42′ u. ſ. w. Mariotte habe gleichviel Fall des Queckſilbers bemerkt, als er aus dem Keller 84 Fuß hoch, und als er von dieſer letztern Stelle noch 84′ höher geſtiegen ſey. Schließe man ſo von 84′ auf geringere Höhen, ſo ſey man ſicher, dieß Hinderniß etwas zu geringe anzugeben; denn einer Luftſäule von d bis c unterſte Hälfte enthalte dichtere Luft als die obere, und wiege folglich mehr, als die obere, d. i., ihr Gewicht betrage mehr, als die Hälfte des Gewichts der ganzen Luftſäule.

Von dem Reiben der Waſſertheilchen an den Rändern der Oefnung, aus welcher das Waſſer herausſpringt, hat Euler e) einige Unterſuchungen beſonders angeſtellt. Er theilt ſehr zuſammengeſetzte und doch nur beynahe wahre Formeln mit, woraus ſich durch Vergleichung mit Verſuchen das Geſetz der Friktion finden ließe. Auch giebt er eine ziemlich weitläuftige Tafel, aus welcher man die Höhe berechnen kann, die der Geſchwindigkeit zugehört, womit das Waſſer empor zu ſprützen anfängt. Dieſe Tafel gründet ſich auf eine Beſtimmung der Größe der Friktion aus gewiſſen Verſuchen, welche Verſuche Euler nicht anführt, ſondern die Beſtimmung der Größe der Friktion daraus nur als eine Muthmaßung angiebt, und zuletzt ſelbſt darin einig iſt, daß hiezu mehrere Verſuche angeſtellt werden müßten.

Käſtner f) trägt in einem Syſteme die Theorie des ältern Bernoulli mit Vergleichung der Euler-

e) Tentamen theoriae de frictione fluidorum. Comment. nov. Petrop. T. VI.

f) Anfangsgründe der Hydrodynamik. Götting. 1769. 8. 2te Aufl. 1797. 8.

lerſchen Methoden vor, und Karſten [g]) handelt die Hydraulik ausführlich nach Eulern ab, und verbindet die Theorie mit ſehr häufigen praktiſchen Anwendungen; nimmt aber auch zugleich mit Rückſicht auf die Methoden der beyden Bernoulli.

Eine vorzüglich ſchätzbare Sammlung von hydrauliſchen Maſchinen mit beygefügter gehöriger Theorie veranſtaltete in dieſem Zeitraume Belidor [h]).

Erſtes Kapitel.

Entdeckungen in der Lehre vom Gleichgewichte und von der Bewegung der Luft.

Seitdem Wolf die damals bekannten Eigenſchaften der Luft in ein Syſtem unter dem Nahmen der Aerometrie gebracht hatte, hat man allgemein dieſe Lehre als einen beſondern Theil der angewandten Mathematik betrachtet. Ja die Vervollkommnung der Analyſe gab Veranlaſſung, die Geſetze der Bewegung elaſtiſcher flüſſiger Materien zu unterſuchen. Daniel Bernoulli, d'Alembert und Euler ſind die erſten, welche dieſen Gegenſtand einer allgemeinen Betrachtung unterworfen haben. Bernoulli gründete ſeine Unterſuchungen auf den Satz der Erhaltung leben-

g) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Th. V. VI. die Hydraulik. Greifsw. 1770. 1771. 8.

h) Architecture hydraul. à Paris 1737. IV. Tomes. 4. Architectura hydraulica von Belidor mit Wolfs Vorrede. Augſpurg 1740 — 1769. 4 Bände kl. Fol.

bendiger Kräfte; dagegen zeigte Euler [i]), wie ſich die Gründe der Mechanik auch hier anwenden ließen, und wie man bey Auflöſung der hieher gehörigen Aufgaben die Rechnung führen müſſe, wenn man alles genau nehmen wolle. Die ganze Lehre von der Bewegung elaſtiſcher flüſſiger Materien hat Karſten unter dem Nahmen der Pnevmatik [k]) vorgetragen. Indeſſen iſt zu bemerken, daß alle dieſe Bemühungen mehr mathematiſche Gegenſtände betreffen, und daß nach dem einſtimmigen Urtheile Aller das Phyſiſche, was bey den Rechnungen zum Grunde liegt, bey weitem noch nicht gehörig entwickelt iſt. Folgende Erzählungen werden alles das enthalten, was in dieſer Lehre zu dieſem Zeitraume gethan worden iſt.

Schwere der Luft.

An der Schwere der Luft zweifelte niemand mehr. Inzwiſchen hat doch noch der Profeſſor Hauſen zu Leipzig, mehr aus Neugierde, den berühmten Verſuch mit dem Waſſerbarometer angeſtellt, welchen auch der Hofrath Käſtner bey ihm geſehen hat [l]). Es waren mehrere ſtarke meſſingene Röhren an einander geſchroben, bis ſie die gehörige Länge erreichten, zwiſchen dieſen Stücken war um die Schrauben naſſes Leder gelegt, das Eindringen der Luft abzuhalten, und das oberſte Stück war eine gläſerne wie eine Glocke gebildete Röhre, um darin die Stelle, wo die Waſſerfläche ſtehen blieb, zu bemerken. Nach Hauſen's

i) Principes generaux du mouvement des fluides. Mém. de l'Acad des ſcienc. de Pruſſe. an. 1755. p. 274 ſqq.

k) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Greifsw. 1771. 8. B. V. S. 289.

l) Käſtners Anfangsgründe der angewandten Mathematik, Aerometrie §. 31.

ſen's Tode iſt die Maſchine an den Profeſſor Winkler gekommen, und jezt iſt ſie, nebſt den übrigen phyſikaliſchen Inſtrumenten des D. Ludwig, aus deſſen Verlaſſenſchaft, für das churfürſtliche akademiſche Muſeum zu Leipzig erkauft.

Barometer und Barometerveränderungen.

Bisher hatte man verſchiedene Abänderungen mit dem Barometer vorgenommen, theils um die geringſte Veränderung des Drucks der Atmoſphäre bemerklicher zu machen, theils aber auch, um dieß Werkzeug bequemer von einem Orte zum andern tragen zu können. Daß der Druck der Atmoſphäre die wirkliche Urſache der Erhaltung des Queckſilbers in der Torricelliſchen Röhre ſey, hatten ſchon die erſten Erfinder der Luftpumpe in der Guerickeſchen Leere gezeigt, und ſelbſt das Barometer in ſelbiger als Elaſticitätszeiger gebraucht. Da aber die gewöhnlichen Barometer zu dieſem letzten Zwecke etwas unbequem waren, indem ſie ſehr hohe Recipienten erforderten, ſo erfand der Herr von Mairan das ſogenannte abgekürzte Barometer (barometre tronqué), welches von du Fay[m]) beſchrieben wird. Dieſes Barometer kommt in Anſehung der äußerlichen Geſtalt mit dem gewöhnlichen Barometer überein, ausgenommen daß es überhaupt nur etwa drey Zoll über der untern Queckſilberfläche hoch iſt. Es wird ganz mit Queckſilber angefüllt, und an eine Skale befeſtigt, worauf die drey Zoll ſeiner Höhe mit Linien abgetheilt ſind. Beym Gebrauche wird es ſenkrecht unter der Glocke der Luftpumpe aufgeſtellt. Auf die erſten Züge erfolgt noch keine Wirkung. Wenn aber der Recipient ſo weit verdünnt worden,

m) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1734.

den, daß ein gewöhnliches Barometer ohngefähr auf 24 Zoll fallen würde, ſo fängt das Queckſilber bey 3 an, ſich zu regen. Wenn es auf 2 Zoll herabkommt, ſo muß man ſchließen, daß die Elaſticität der unter dem Recipienten übrigen Materie 2 Zoll Queckſilberhöhe halte.

In dieſen Zeitraum fällt beſonders die merkwürdige Entdeckung der Vortheile, welche Barometer durchs Kochen des Queckſilbers erhalten. Die Veranlaſſung hiezu gab die bekannte Erſcheinung des Leuchtens der Barometer im Dunkeln, welche Picard zuerſt zufälliger Weiſe wahrgenommen hatte. Du Fay hatte nämlich bekannt gemacht, daß er die Kunſt, leuchtende Barometer zu verfertigen, von einem deutſchen Glasarbeiter erlernt habe, deſſen Methode bereits im 3ten Theile S. 437. angeführt worden iſt. Die Herrn Caſſini und le Monnier n) waren nun im Begriff, auf verſchiedenen Bergen neue Beobachtungen mit dem Barometer anzuſtellen. Zu dieſer Abſicht ließen ſie ſich vom Abt Nollet einige Röhren von verſchiedenem Durchmeſſer mit Queckſilber anfüllen, und glaubten, ſie auf ſolche Art, ohne zu befürchten, daß das Queckſilber herauslaufe, mit ſich führen zu können. Allein ſie fanden ſich getäuſcht, daher entſchloſſen ſie ſich, diejenigen Röhren, welche einen beynahe gleichen Durchmeſſer, aber verſchiedene Längen beſaßen, nach der angeführten Art des du Fay mit Queckſilber zu füllen, um zugleich eine Prüfung anzuſtellen, ob auf dieſe Weiſe die Barometer wirklich leuchtend würden. Nachdem ſie nun, wie du Fay angeführt hatte, in die Röhren einen kleinen Theil vom gereinigten Queckſilber gefüllt hatten, näherten ſie nach und nach den mit

n) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1740.

mit Queckſilber angefüllten Theil der Röhre einem Kohlenfeuer, bis zuletzt das Queckſilber zu kochen anfieng. Dieß Kochen wurde mit beſtändigem Umdrehen der Röhre ſo lange fortgeſetzt, bis ſich keine Luftblaſe weiter entwickelte. Hiernächſt ließen ſie die Röhre mit dem Queckſilber erkalten und füllten ſie alsdenn mit gereinigtem Queckſilber vollends an. Sie fanden die auf ſolche Art zubereiteten Barometer nicht allein leuchtend, ſondern bemerkten auch zugleich, daß das Queckſilber in ſelbigen auf einer größern Höhe hangen blieb, als in den gewöhnlich verfertigten.

Alle dieſe ſo gefüllten Röhren ſtürzten ſie in ein und daſſelbe mit Queckſilber angefüllte Gefäß, und bemerkten bey einerley Niveau, daß das Queckſilber in allen Röhren beſtändig auf einerley Höhe ſtand, wenn ſie gleich verſchiedene Weiten und Höhen beſaßen. Sie nahmen keine Verſchiedenheiten, wie bey den gewöhnlichen Barometern, wahr.

Bey dem allen aber hatten ſie doch noch keine richtigen Begriffe von den eigentlichen Vortheilen des Kochens.

Im Jahr 1738 hielt noch Brighton o) das Kochen für ein Mittel, den Einfluß der Wärme aufs Barometer ganz zu verhindern. Amontons hatte zuerſt erkannt, daß die beobachtete Barometerhöhe wegen der verſchiedenen Einwirkung der Wärme auf das Queckſilber einer Correktion bedürfe, und hatte eine Tabelle berechnet, welche zeigte, wie viel man bey jedem Wärmegrade ſeines Luftthermometers der beobachteten Barometerhöhe beyfügen, oder von derſelben wegnehmen müſſe, um die richtige Barometerhöhe die eigentlich vom Drucke der Luft abhängt, zu erhalten.

Lu-

o) Philoſoph. Tranſact. n. 448.

Ludolf p) bemerkte aber, daß es eine große Unbequemlichkeit ſey, bey jeder beobachteten Barometerhöhe erſt nach den Tafeln zu ſehen, um ſie jedesmal zu verbeſſern; überdem meinte er, daß die Anzeige des Barometers unvollkommen ſey, weil es bloß die Höhe des Queckſilbers angebe, und daß man noch eine Rechnung anſtellen müſſe, ehe man den wahren Druck der Luft beſtimmen könne. Um nun dieſen Unbequemlichkeiten abzuhelfen, erfand er eine eigene Skale, auf welcher man unmittelbar den wahren Druck mit Inbegriff der Correktion des Einfluſſes der Wärme auf das Queckſilber beobachten könne. Dieſe Skale hat folgende Einrichtung. Sie zeigt den Druck der Atmoſphäre über einen Quadratzoll Fläche an. Hiebey ſetzt er das Verhältniß der ſpecifiſchen Gewichte des Queckſilbers und des Waſſers wie $13\frac{1}{2}:1$ voraus, ſo daß ein Cubikfuß Queckſilber 870 Pfund 1 Unze 7 Drachmen wiegt, wenn das Gewicht eines Cubikfußes Waſſer 64 Pfund 7 Unzen und 2 Drachmen beträgt. Auf ſolche Art iſt alſo der Druck einer Queckſilberſäule von 29 Zoll 7 Linien 5 Skrupel auf einer Fläche von einem Quadratzoll 14 Pfund und 15 Unzen, und der Druck einer andern Säule von 27 Zoll 2 Linien 2 Skrupel Höhe auf einer ſolchen Fläche 13 Pfund 11 Unzen. Der Unterſchied beyder Höhen beträgt alſo 2 Zoll 5 Linien 3 Skrupel, und der Unterſchied der dazu gehörigen Gewichte 20 Unzen. Theilt man nun den Raum 2 Zoll 5 Linien 3 Skrupel in 20 gleiche Theile ein, ſo wird man auf ſolche Art auf der Skale die Unter=

p) Maniere de conſtruire une échelle de baromètre, qui indique directement la veritable preſſion de l'air, et qui corrige les défauts cauſés par les alterations que la chaleur de l'air fait éprouver au mercure in Mémoir. de l'Acad. des ſcienc. de Berlin. an. 1759. p. 33 ſqq.

Unterſchiede der Druckungen der Atmoſphäre von einer Unze zur andern haben.

Um nun auch auf den Einfluß der Wärme Rückſicht zu nehmen, nimmt er mit Amontons an, daß ſich das Queckſilber von der größten Kälte bis zur größten Sommerhitze (nach Reaumürs Queckſilberthermometer vom 14° unter 0 bis 22° über 0) um $\frac{1}{115}$ des Volumens ausdehne.

Dieß vorausgeſetzt wird auf einer rechtwinklichten meſſingenen Tafel (fig. 32.) die Linie ab von 3 bis 4 Zoll Länge in 36 gleiche Theile getheilt, welche die Thermometergrade nach Reaumür vom 22 Grad Wärme bis 14 Grad Kälte anzeigen. Auf ab wird hiernächſt die ſenkrechte Linie ac gezeichnet, ſo daß ad = 2 Linien 8 Skrupel (als die Correktion der Barometerhöhe von 27″2‴2⁗ beym höchſten Wärmegrade) und dc = 2″5‴3⁗ ausmacht. Hierauf wird die lothrechte Linie be = cd gemacht; alsdenn theilt man beyde Linien be und cd in 20 gleiche Theile ein, und zieht durch alle Theilungspunkte Linien mit db und ce parallel.

Der Gebrauch hievon iſt nun dieſer. Die Skale iſt hinter der Barometerhöhe beweglich. Auf dem Barometerbrete wird unten ein Queckſilberthermometer mit ſeiner Skale befeſtigt, und die ganze Vorrichtung nach Norden hin im Schatten geſtellt. Bey der Beobachtung giebt man nun Acht, auf welchem Grade das Thermometer ſteht. Nachdem man nun den Baramoterſtand beobachtet hat, führt man die bewegliche Skale ſo weit hinter die Barometerröhre, bis der wahrgenommene Thermometergrad auf der Skale gerade hinter die Barometerröhre zu ſtehen kommt, und ſieht nun nach, auf welcher Querlinie das Queckſilber ſteht,

ſteht, und was am Ende dieſer Linie für ein Gewicht der Luft ſich befindet; alsdenn hat man den Druck der Luft auf einen Rheinländ. Duodecimal-Quadratzoll Oberfläche.

Dieſe von Ludolf angegebene Einrichtung iſt aber wenig in Gebrauch gekommen. Der Abt Friedr. Häſeler in Holzminden hat eine Beſchreibung dieſer Art Barometer gegeben [q]).

Um die Verbeſſerung und den Gebrauch der Barometer hat ſich vorzüglich de Lüc [r]) verdient gemacht. Sein Werk ward dem Herrn de la Lande im Jahr 1762 von der Königl. Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris zur Prüfung übergeben, welcher davon in der connoiſſance des mouvem. celeſtes an. 1765. p. 200-221. einen Auszug mittheilt. Erſt im Jahr 1772 wurde es gedruckt. De Lüc fand durch viele Verſuche, daß das Queckſilber jederzeit höher ſtand, wenn ſich die Oberfläche ſeiner Säule in einem weitern Theile ſeiner Röhre befand, niedriger aber, wenn ſich die Säule in einem engern Theile endigte. Daher ſtand es in ſeinen Barometern mit Behältniſſen allezeit niedriger, als in denen, die keine Behältniſſe oder Kugeln hatten. Dieſer Unterſchied ſtieg oft auf zwey Linien, und verſchwand, wenn man die untere Queckſilberfläche durch Wegnehmen oder Zugießen von Queckſilber aus dem

q) Progr. vom Ludolffſchen Barometer, zugleich einige Betrachtungen über die Beobachtung der Witterung überhaupt und über die Lage, Gegend und Geſundheit von Holzminden. Holzminden 1780. 4.

r) Recherches ſur les modifications de l'Atmoſphère. à Geneve T. I. et II. 1772. 4. de Lüc Unterſuchungen über die Atmoſphäre. Aus dem Franz. Leipz. Th. I. 1776. Th. II. 1778. 8.

dem Behältniſſe heraus in Theile der Röhre brachte, die mit dem obern Schenkel einen gleichen Durchmeſſer hatten. Schon Caſſini [s]) führt an, daß Plantade auf den Bergen in Rouſſillon und Languedoc das Queckſilber in allen engen Röhren niedriger, als in weiten, gefunden habe, welches ſelbſt die eigenen Beobachtungen des Caſſini und le Monnier beſtätigten. Sie glaubten aber dieſen Unterſchied nur alsdenn zu bemerken, wenn das Queckſilber in den Röhren nicht gekocht worden war, und ſchrieben ihn daher ganz der aus dem Queckſilber in den obern Raum aufgeſtiegenen Luft zu. Allein de Lüc fand ihn auch in gekochten Barometern, und ſieht es aus dieſem Grunde für unumgänglich nothwendig an, den beyden Queckſilberflächen des Barometers gleiche Durchmeſſer zu geben, und auf die einfachſte Art der heberförmigen Barometer zurückzukommen.

De Lüc erkannte die wahren Vortheile des Auskochens des Queckſilbers in Barometerröhren. Er hatte bereits viele Verſuche angeſtellt, um zu entdecken, was für eine Urſache das Verhältniß der Queckſilberhöhen in einerley Barometern zu verſchiedenen Zeiten verändere, als er zum erſtenmale die italiäniſchen Glasarbeiter das Queckſilber in den Röhren kochen ſah, um die Barometer, wenn man ſie im Finſtern ſchüttelte, leuchtend zu machen. Dieß Verfahren, von dem er nach ſeinem eigenen Geſtändniſſe noch ſehr unvollkommene Kenntniſſe hatte, machte ihn aufmerkſam; er kochte daher ſeine eigenen Barometer, und dieſe wurden alle leuchtend. Von dieſer Bemerkung wurde er aber

s) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1733.

aber bald auf eine weit wichtigere Wirkung des Auskochens der Barometer hingeleitet. Er war nämlich aufmerkſam auf den Unterſchied der ausgekochten und gemeinen Barometer, und fand bald die großen Vortheile des Kochens. Mit Recht hält er daher das Kochen für das einzige Mittel, die Luft auf eine ſtets gleiche Menge zu bringen, welche ſich aus dem Queckſilber losmacht, und in den leeren Raum über der Queckſilberſäule aufſteigt, wo ſie nicht allein durch ihre Elaſticität die Queckſilberfläche bey ungekochten Barometern, im einen mehr, als im andern, niederdruckt, ſondern auch durch ihre Empfindlichkeit gegen die Wärme höchſt unregelmäßige Einflüſſe dieſer Wärme auf das Barometer veranlaßt. Erſt durch das Kochen wird der Stand der Barometer übereinſtimmend, und der Einfluß der Wärme auf denſelben regelmäßig gemacht. De Lüc fand auch, daß ſich in den ausgekochten Barometern das Queckſilber dem obern Ende der Röhre bis auf $\frac{1}{3}$ eines Zolles nähern kann, ohne daß ſie etwas von ihrer Regelmäßigkeit verliehren. Nur bey einer noch größern Näherung merkt man einige Abweichungen: das Queckſilber ſcheint ſich in die Höhe zu ziehen, und ſeine Säule wird länger. Er erklärt ſich dieſe Erſcheinung aus der ſchiefen Lage der Seitenwände, welche man, um das Barometer zu verſchließen, zuſammengezogen hat: ſo lange das Queckſilber in dem cylindriſchen Theile der Röhre bleibt, findet dieſelbe nicht ſtatt. Es kann daher ohne Nachtheil über der höchſten Stelle, welche das Queckſilber erreichen kann, nur ein geringer Raum gelaſſen werden, wobey überdieß noch folgende zwey Vortheile ſtatt finden: einmal, daß das ganze Werkzeug ſo kurz als möglich wird, das anderemal, daß man den Raum vermindert, den das Queckſilber an hohen Orten durchlaufen

muß,

muß, welches viel dazu beyträgt, das Barometer lange Zeit in ſeinem erſten Zuſtande zu erhalten.

De Lüc's gewöhnliche Barometer beſtehen aus einer wo möglich durchaus gleich weiten Röhre, welche unterwärts ſo umgebogen worden, daß der kürzere Schenkel mit dem längern genau parallel iſt. In den Theilen beyder Schenkel, in welchen das Queckſilber ſteigt und fällt, müſſen die Querſchnitte wenigſtens genau gleiche Durchmeſſer haben. Bey der Eintheilung ſeiner Skale liegt der Satz zum Grunde, daß ſich allezeit leichter addiren als ſubtrahiren laſſe, beſonders wenn ſich Brüche bey den Zahlen befinden. Zuerſt hat er längſt der längern Röhre mit dem Maasſtabe eine Länge von 27 Zollen bemerkt, welche ſich zwiſchen dem obern mit o bezeichneten Punkte, und dem untern, bey welchem 7 ſteht, befindet. Dieſe Länge hat er in 27 Zolle eingetheilt, und an dem ſiebenten von unten hinauf gerechnet, eine Horizontallinie gezogen, welche mit o bezeichnet iſt. Die Urſache dieſer Einrichtung iſt dieſe. Auf einem Berge, welcher eine ſolche Höhe hätte, daß das Queckſilber im kürzern Schenkel bis auf dieſen Punkt ſtiege, würde die Höhe der durch den Druck der Atmoſphäre getragenen Queckſilberſäule bloß durch die Abtheilungen, die ſich über dieſer Linie befänden, angegeben werden. Wenn man hingegen tiefer ſteht, und das Queckſilber im längern Schenkel ſteigt, im kürzern aber fällt, ſo muß man zu der Höhe, welche die obere Queckſilberfläche angiebt, noch die Länge hinzuſetzen, um welche die untere Queckſilberfläche unter o herabgeſunken iſt.

Auf ſolche Art beſteht alſo die Barometerhöhe, oder der ſenkrechte Abſtand beyder Queckſilberflächen aus zwey Theilen, die beyde von o aus, der eine am län-

längern Schenkel von unten hinauf, der andern am kürzern von 0 hinabwärts, gerechnet werden. Uebrigens müſſen die Zolle in Linien und dieſe nach de Lüc mit rothen Strichen in Viertel getheilt ſeyn. Das Augenmaas theilt leicht noch einmal in Viertel, und unterſcheidet alſo Sechszehntheile der Pariſer Linie. Steht z. B. die Queckſilberfläche im obern Schenkel auf 20, und die untere auf 4, ſo wäre die eigentliche Barometerhöhe 20 + 4 = 24 Zoll.

Was die nöthigen Handgriffe und Vortheile betrifft, welche bey der Wahl der Röhren, bey der Reinigung des Queckſilbers, beym Füllen und Auskochen u. ſ. w. zu beobachten ſind, und welche der Herr de Lüc umſtändlich beſchrieben hat, ſo ſind dieſe Kenntniſſe mehr für den Künſtler, als für den eigentlichen Phyſiker.

Da man bereits angefangen hatte, mit Hülfe der Barometer Höhen auszumeſſen, und die bisherigen ſogenannten Reiſebarometer auf beſchwerlichen Bergreiſen nicht wohl mit ſich zu führen waren, ſo ſuchte Herr de Lüc zu dieſer Abſicht ein vollkommenes Reiſebarometer zuſammenzuſetzen. Es war ihm vorzüglich darum zu thun, nicht allein ein Barometer zu erhalten, das ſehr bequem fortgebracht werden konnte, ſondern welches auch, ſo viel es ſich thun ließ, einen hohen Grad der Vollkommenheit beſitzen ſollte. Er brachte ein ſolches zu Stande, prüfte es durch einen zwölfjährigen Gebrauch, und verſicherte ſich auf ſolche Art von ſeiner vorzüglichen Güte. Die weſentlichſten Theile deſſelben ſind folgende:

Ein Theil des kürzern Schenkels von einem Heberbarometer iſt von dem übrigen getrennt, und beyde Stücke werden durch einen Hahn verbunden, der von

Elfen-

Elfenbein, der Schlüſſel deſſelben aber von feſtem reinen Kork iſt. Hahn und Schlüſſel bekommen ein Loch, das im Schlüſſel mit einem Federkiel ausgefüttert wird. Der Hahn wird zur Hälfte ins Bret des Barometers eingelaſſen, und durch Schrauben daran befeſtigt. Er bekommt einen Griff von Elfenbein.

In dieſen Hahn wird der größere Theil des Barometers, an dem der lange Schenkel befindlich iſt, unten eingeleimt und verküttet, der kürzere Schenkel aber oben nur feſt eingeſteckt. Der längere Schenkel wird noch überdieß an das Bret befeſtigt, und wo er ſich etwa ſtoßen könnte, durch lederne Kiſſen geſichert. Skalen und Thermometer ſind am Brete, wie gewöhnlich, angebracht.

Will man dieß Barometer mit ſich führen, ſo neigt man es unter einem Winkel von 40 bis 50 Graden, wodurch ſich der längere Schenkel völlig bis oben mit Queckſilber anfüllt. Verſchließt man nun den Hahn, ſo wird dadurch das Queckſilber ſo eingeſchloſſen, daß keine Bewegung deſſelben mehr möglich iſt. So kann man das ganze Werkzeug in umgekehrter Stellung mit ſich führen, in welcher es auch empfindliche Stöße ohne Schaden verträgt. De Lüc verſchließt es in ein Futteral von Tannenholz, deſſen Boden zugleich das Bret des Barometers iſt.

Zur Beobachtung öffnet man den Hahn, ehe das Barometer ſenkrecht geſtellt wird, damit das Queckſilber nicht allzuſchnell herabfalle. Am beſten neigt man es dabey unter einem Winkel von 40 bis 50 Grad. Man reinigt dann den kürzern Schenkel mit einem Wiſcher, und läßt durch einen papiernen Trichter etwas weniges reines Queckſilber hinein.

Das Barometer iſt mit einem eigenen Bleyloth zur ſenkrechten Stellung verſehen, hat auch ein beſonderes Stativ, und wird bey der Beobachtung durch einen Schirm vor den Sonnenſtrahlen geſchützt, welche ſonſt das Bret ungleich erwärmen möchten. Man muß einige Zeit warten, ehe man die Beobachtung anſtellt, damit das Bret die gehörige Temperatur erhalte.

Da während einer Reiſe die veränderliche Wärme einen Einfluß auf das eingeſchloſſene Queckſilber hat, und es entweder ausdehnt, oder zuſammenzieht, mithin im erſten Falle der Kork ein wenig nachgeben, im andern aber ein leerer Raum entſtehen muß, welcher durch das Anſchlagen des Queckſilbers an die Röhre bemerkt wird; ſo muß man von Zeit zu Zeit den Hahn lüften d. i. bey gehöriger Stellung des Barometers auf: und ſogleich wieder zuſchließen, jedoch, ehe man es umkehrt, nachſehen, ob etwa Luft in die Krümmung gekommen ſey, und dieſe gegen den Hahn zurückzubringen ſuchen, damit ſie bey Oefnung deſſelben herausgehe. Wenn aber eine lange Reiſe unternommen werden ſoll, oder auch das Barometer unachtſamen Perſonen anvertraut werden muß, ſo hat auch hier de Lüc für eine Einrichtung geſorgt, welche das Barometer für Beſchädigung ſichert.

Es iſt zu mehr als einer Abſicht nützlich, an einerley Orte mehrere fortgeſetzte Barometerbeobachtungen zu machen, und ſie gehörig aufzuzeichnen. Eine bequeme Einrichtung hiezu ſchlug Muſſchenbroek t) vor. Es werden nämlich auf einem großen Bogen Papier ſo viele vertikale Linien neben einander gezogen, als

t) Ephemerides meteorologiae Vltrajectinae anni 1728 in Diſſ. phyſ. et mathem. Lugd. 1729. 4. p. 673 ſqq.

als Tage in einem Monathe ſind; dieſe Linien, welche etwas ſtark gezeichnet werden, dienen, um die Barometerhöhen eines jeden Tages darin vermittelſt eines Punktes zu bezeichnen. Der Zwiſchenraum zwiſchen zwey ſolchen Vertikallinien wird in drey gleiche Theile getheilt, und durch die Theilungspunkte ebenfalls etwas ſchwächere Vertikallinien gezeichnet, um auf ſelbige mittelſt Punkte die beobachteten Barometerhöhen in drey gleichen Intervallen des Tages bemerken zu können. Hiernächſt wird eine von den Vertikallinien in 12 Theile getheilt (ſo viel nämlich Monate im Jahre ſind), und durch dieſe Theilungspunkte werden ſtarke Querlinien gezogen, welche alle Vertikallinien ſenkrecht ſchneiden. Zwiſchen dieſen Querlinien werden von oben herab die Nahmen der Monate hingeſchrieben. Da nun an jedem Orte aus Beobachtungen bekannt ſeyn muß, welches die Grenzen des höchſten und niedrigſten Barometerſtandes ſind, z. B. zwiſchen 28 und 30 Zoll, ſo wird ein jeder von den 12 gleichen Theilen der Vertikallinien von neuem in drey gleiche Theile getheilt, und bey dieſen Theilungspunkten von unten hinauf bey jedem Monate die Zahlen 28, 29, 30 geſchrieben. Ein jeder von dieſen Theilen wird wiederum in 12 gleiche Theile, als Linien, getheilt, durch deren Theilungspunkte abermals ſchwache Linien mit jenen Querlinien, welche die Monate abſondern, parallel gezogen werden, ſo daß alſo das Ganze eine Tafel wie ein Gitter vorſtellt. Auf ſolche Art wird ſich alsdenn auf eine ſehr leichte Art in drey gleichen Intervallen eines jeden Tages die beobachtete Barometerhöhe gehörig einzeichnen, und eine Reihe fortgeſetzter Beobachtungen mit einem Blicke überſehen laſſen.

Was den Einfluß der Wärme auf das Barometer betrifft, ſo hatte bereits Amontons einige Unterſuchungen darüber angeſtellt. Dagegen leugneten aber de la Hire, du Fay und Brigthorr denſelben auf die einfachen Barometer, wenigſtens auf die gekochten, gänzlich. Endlich aber hat de Lüc zuerſt genauere Unterſuchungen über dieſen ſehr wichtigen Gegenſtand angeſtellt. Er zeigt, daß auf keine andere Art übereinſtimmende Barometer verfertigt werden könnten, als wenn ſie ausgekocht würden. Er erklärt es zwar für unmöglich, Barometer ganz ohne Luft zu haben; nach ſeinem Verfahren aber würde in jedem Barometer nur wenig Luft übrig bleiben, und in einem ohngefähr ſo viel als im andern. Und ſo glaubt er, würde ſich der Einfluß der Wärme auf das Barometer beſtimmen laſſen. In dieſer Rückſicht hat er im Winter Barometer und Thermometer in einem kalten Zimmer beobachtet, das Zimmer geheitzt, und nun bemerkt, was für Aenderungen der Barometer und Thermometer zuſammen geſchehen. Das Reſultat dieſer ſeiner Verſuche iſt folgendes. War der Barometerſtand 27 Zoll, und ward die Wärme ſo geändert, daß das Thermometer vom Eispunkte bis zum Siedpunkte des Waſſers ſtieg, ſo wuchs die Höhe des Queckſilbers im Barometer genau um ſechs Linien. Da dieſe ſechs Linien 96 Sechszehntheile ausmachen, ſo theilt er an einem Thermometer den Raum zwiſchen dem Eis- und Siedpunkte in 96 Theile; ein ſolcher Theil Aenderung des Thermometers ſtimmt alſo mit $\frac{1}{16}$ Linie Aenderung des Barometers zuſammen. Nun ſchien ihm nöthig, einen Wärmegrad für die Grenze an ſeinem Thermometer zu wählen, über und unter welcher die Verbeſſerungen zu machen wären. Hiezu fand er den achten Theil des ganzen Abſtandes der beyden

den äußerſten Punkte, von unten herauf gerechnet, am bequemſten. Hier ſetzt er alſo o hin, zählt von da — 12 Grad bis an den Eispunkt herunter, und + 84 bis an den Siedpunkt des Waſſers hinauf. Bey einem andern Barometerſtande, als demjenigen, nach welchem ſein Thermometer abgetheilt war, berechnet er die Aenderungen nach der Regel Detri, und giebt im §. 374. folgendes Beyſpiel. Es befinde ſich ein Barometer auf einem Berge bey $13\frac{1}{2}$ Zoll, das andere am Fuße deſſelben bey 27 Zoll. Bey jedem befindet ſich ein Thermometer. Stehen beyde Thermometer bey o, ſo iſt nichts zu verbeſſern. Wären ſie aber beyde bey — 16, ſo addirt er zum Barometerſtande am Fuße des Berges $\frac{16}{16}$ Linien = 1 Linie. Für das auf den Berge macht er dieſe Proportion: wie 27 Zoll zu $\frac{16}{16}$ einer Linie, ſo $13\frac{1}{2}$ Zoll zu der Menge Sechszehntheile einer Linie, die zu $13\frac{1}{2}$ Zoll müſſen addirt werden; dieſe Menge iſt $\frac{8}{16} = \frac{1}{2}$, und dieſe addirt er zu dem Barometerſtande auf dem Berge. Wären die Barometer beyde +, ſo müßte eben auf dieſe Art abgezogen werden. De Lüc erinnert ſelbſt, daß ſich dieſes Verfahren darauf gründe, daß die Queckſilberſäule von größerer Wärme länger, von geringerer kürzer wird. Man muß alſo aus ſeinen Erfahrungen annehmen, er habe ſie zu einer gewiſſen Zeit 27 Zoll lang befunden, und dabey ſein Thermometer bey o. Wenn ſich ſonſt nichts ändert, als daß die Wärme n ſeiner Theile über ſein o ſteigt, und was daraus erfolgt, ſo verlängert ſich die genannte Queckſilberſäule um $\frac{n}{16}$ einer Linie; und verkürzt ſich um ſo viel wenn das Thermometer n Theile unter o ſteht. De Lüc's Regel für die Berichtigung jedes Barometerſtandes in einem

allgemeinen und kürzeſten Ausdrucke iſt folgende: a $\left(1 \mp \frac{n}{5184}\right)$, wenn a den unverbeſſerten Barometerſtand in Linien andeutet, und de Lüc's Thermometer $\pm$ n Grade zeigt. Käſtner zeigt aber, daß dieſes Verfahren nach de Lüc's Regel nicht in aller Strenge richtig, aber doch in der Ausübung brauchbar ſey. Nach de Lüc's angeführten Gründen müßte nämlich die Berichtigung in Linien ausgedrückt auf folgende Art berechnet werden: $\left(324 + \frac{n}{16}\right)$ Lin.: a Lin. $= \frac{n}{16}$ Lin.: der geſuchten Zahl, folglich dieſe $= \frac{an}{5184 + n}$, und der ganze berichtigte Barometerſtand müßte ſeyn $= a \mp \frac{an}{5184 + n} = a\left(1 \mp \frac{n}{5184 + n}\right)$, wenn de Lüc's Thermometer $\pm$ n Grade gezeigt hätte. Weil aber in den gewöhnlichſten Fällen n in Vergleichung mit 5184 ſehr klein iſt, ſo hat de Lüc die ganze Verbeſſerung des Barometerſtandes durch die Regel a $\left(1 \mp \frac{n}{5184}\right)$ angegeben, und dieſelbe bey unterſchiedenen ſeiner barometriſchen Beobachtungen berechnet. Wenn aber der Unterſchied der Barometerſtände beträchtlich iſt, und viele Beobachtungen gemacht werden, ſo ſchlägt er vor, die Thermometerſkale in dem verkehrten Verhältniſſe der Barometerſtände zu ändern, damit ein Theil der Skale, jederzeit unmittelbar, Sechszehntheile von Linien gebe. Wie die hiezu nöthigen Zeichnungen zu machen ſind, lehrt er im §. 490. u. f. Er ſtellte nämlich dieſe veränderlichen Grade des Thermometers durch die Ordinaten

naten eines Dreyecks vor, deſſen Abſciſſen in einem verkehrten Verhältniſſe der Barometerhöhen wachſen. Denn wenn die Ordinaten, welche einer jeden Abſciſſe zugehören, in eine gleiche Anzahl von Theilen getheilt worden, ſo giebt eine jede eine Skale für das Thermometer ab, welche für die der Abſciſſe proportionirte Barometerhöhe gebraucht werden kann.

Zu dieſer Abſicht trug er auf einer geraden Linie den Abſtand des Eis- und Siedpunktes auf dem Thermometer ab. Den Raum zwiſchen dieſen beyden feſten Punkten theilte er in 96 gleiche Grade, und zog durch den 12ten von unten auf gerechnet, welcher die Null des Thermometers iſt, eine andere Linie, welche die erſtere unter einem rechten Winkel ſchnitt. Zur Meſſung der Ordinaten und Abſciſſen gebrauchte de Lüc einen etwa $\frac{1}{2}$ Fuß langen und in 1000 Theile getheilten Maasſtab. Zum Endpunkte der Fundamentalabſciſſe, als welche die Thermometerſkale bey 27 Zoll Barometerhöhe beſtimmen ſoll, nahm er den Durchſchnittspunkt beyder eben erwähnten Linien an, deren eine die Fundamentaleintheilung des Thermometers vorſtellt, und von der andern im Punkte 0 rechtwinklicht durchſchnitten wird. Dieſe Abſciſſe nimmt er = 1800 Theile des Maasſtabes, und ordnet ihr die wahrſcheinlich größte Höhe des Thermometers bey den Beobachtungen zur Applicate zu, welche er 25 Grade über 0 ſetzt. Dieſe beyden Coordinaten gehören nun für eine Barometerhöhe von 27 Zollen. Wenn dieſe Applikate in 25 gleiche Theile getheilt wird, ſo giebt ſie eine Skale des Thermometers für eine Barometerhöhe von 27 Zoll ab, und jeder Theil zeigt $\frac{1}{16}$ einer Linie Veränderung im Stande des Barometers wegen der Wärme. Die längſte Abſciſſe wird durch den wahrſcheinlich größten

ten Fall des Barometers beſtimmt. Daher nimmt de Lüc an, man könne bis auf Höhen kommen, in welchen das Queckſilber nur 18 Zoll hoch ſtehe. Die Abſciſſe, welche dieſer Barometerhöhe zugehört, muß mit der Abſciſſe für 27 Zoll im verkehrten Verhältniſſe dieſer Höhen ſelbſt ſtehen. Nun hat man 18 : 27 = 1800 : 2700; alſo muß die größte Abſciſſe, welche Barometerhöhe von 18 Zoll zugehört, 2700 Theile des Maasſtabes haben, und von der Abſciſſe für 27 Zoll Barometerhöhe um 900 Theile verſchieden ſeyn. Auf die vorerwähnte Linie, welche den Fundamentalabſtand des Thermometers enthält, ſetzt daher de Lüc von 0 aus 900 Theile auf. Da ſich nun die beyden Abſciſſen unter einander wie 2 : 3 verhalten, ſo müſſen ihre Ordinaten in demſelben Verhältniſſe ſeyn. Daher richtet de Lüc am Ende der längſten Abſciſſe die Ordinate oder Applikate auf, welche für die Barometerhöhe von 18 Zoll gehören ſoll d. i. diejenige Linie, welche ſich zur Ordinate, die er 25 Grade über 0 geſetzt hat, wie 3 : 2 verhalten muß. Und wenn dieſe ſo wie die erſte in 25 Grade getheilt wird, ſo dient ſie zur Thermometerſkale, wenn die Barometerhöhe 18 Zoll iſt, und ihre Grade zeigen Veränderungen von Sechszehntheilen einer Linie am Barometer an. Da die Veränderungen des Queckſilbers im Thermometer beſtändig einerley Raum einnehmen, ſo darf man nur auf der Ordinate für 18 Zoll eine Länge abſchneiden, die der Länge für 27 Zoll gleich iſt. Zieht man alsdenn von einem Punkte zum andern eine gerade Linie, ſo entſteht ein Parallelogramm. Die dazwiſchen fallenden Abſciſſen werden nun durch folgende Regel gefunden: Die Barometerhöhe, welche der geſuchten Abſciſſe zugehört, verhält ſich zu 27 Zoll, wie die Abſciſſe für 27 Zoll (1800) zu der geſuchten Ab-

Abſciſſe. So iſt z. B. $18\frac{1}{2} : 27 = 1800 : 2627$; mithin iſt die Abſciſſe für $18\frac{1}{2}$ Zoll Barometerhöhe 2627, wovon man 1800 als die Abſciſſe für 27 Zoll abzieht, und den Ueberreſt 827 auf die Abſciſſenlinie an das Ende der Abſciſſe für 27 Zoll ſetzt. Der Punkt, bis an welchen die 827 Theile reichen, begränzt die Abſciſſe für $18\frac{1}{2}$ Zoll, welche um 73 Theile kürzer iſt, als die für 18 Zoll. Auf eben dieſe Art ſuche man die Längen aller übrigen Abſciſſen für die Barometerhöhe von einem halben Zoll zum andern, und finde dafür nach einander die Zahlen 2558, 2492, 2430, 2371 u. ſ. Von allen dieſen ziehe man 1800, oder die Abſciſſe für 27 Zoll ab, und trage die Unterſchiede 758, 692, 630, 571 u. ſ. von dem Endpunkte dieſer letzten Abſciſſe auf die Linie, welche durch o gezogen worden iſt. Ihre Unterſchiede ſind 66, 62, 59 u. ſ. Für die Zahlen, bey welchen ſich Brüche befinden, nehme man die Ganzen, welche ihnen am nächſten kommen, ſo daß die Summe aller Unterſchiede der Abſciſſen zwiſchen 18 und 27 Zoll Barometerhöhe 900, als den ganzen Unterſchied, ausmacht. Hiernächſt verlängere man die Linie, welche durch o geht, zur Linken, um an die Reihe der vorhergehenden Zahlen noch die Unterſchiede 33, 32, 31, 30 zu ſetzen, wodurch man die Eintheilung noch bis auf die Höhe von 29 Zoll fortſetzen kann, welche das Barometer oft am Ufer des Meeres erreicht.

Uebrigens fügt de Lüc noch folgende Tafel über die ganzen und verkürzten Abſciſſen bey, um denjenigen, welche ſich eine ſolche Skale verfertigen wollen, die Mühe der Rechnung zu erſparen.

Baro-

Barometerhöhe	Abſciſſen	Abſciſſen durch d. Subtraction v. 1800 Theilen verkürzt	Unterſchied
18 Zoll	2700 Theile	+ 900 Theile	
18½ -	2627 -	827 -	73
19 -	2558 -	758 -	69
19½ -	2492 -	692 -	66
20 -	2430 -	630 -	62
20½ -	2371 -	571 -	59
21 -	2314 -	514 -	57
21½ -	2260 -	460 -	54
22 -	2209 -	409 -	51
22½ -	2160 -	360 -	49
23 -	2113 -	313 -	47
23½ -	2068 -	268 -	45
24 -	2025 -	225 -	43
24½ -	1984 -	184 -	41
25 -	1944 -	144 -	40
25½ -	1906 -	106 -	38
26 -	1869 -	69 -	37
26½ -	1834 -	34 -	35
27 -	1800 -	0 -	34
			900
27½ -	1767 -	33 -	33
28 -	1735 -	65 -	32
28½ -	1704 -	96 -	31
29 -	1674 -	126 -	30

Sind nun auf ſolche Art alle Endpunkte der Abſciſſen beſtimmt worden, ſo werden die ihnen zugehörigen Ordinate aufgerichtet, welche ſich an der obern Seite eines Parallelogramms endigen. Hierauf zieht man durch diejenigen Punkte, welche die ganzen Ordinate in 25 Theile theilen, Linien, deren Schiefe gegen die durch o gehende Linie immer zunimmt, je weiter

ter

ter ſich die Grade von dieſem feſten Punkte entfernen. Alle dieſe Linien laufen auf die Spitze des Dreyecks zu. So ſtellt jede Ordinate eine Skale des Thermometers vor, die für die der Ordinate beygeſchriebene Barometerhöhe gehört. Um dieſe Skale noch bis auf die Grade unter Null zu erweitern, nimmt de Lüc dabey zur unterſten Grenze den 50ten Grad an. Daher verlängert er die Ordinate von 27 Zoll um doppelt ſo viel, als ihre vorige Länge beträgt, unter die Linie durch 0, weil dieſe Ordinate ſelbſt nur 25 Grade hat. Eben ſo verfährt er auch mit der Ordinate für 18 Zoll. Hiernächſt verzeichnet er, wie oben, das untere nöthige Parallelogramm, und verlängert alle obern Ordinaten bis an die untere Horizontallinie. Die Verlängerung der Ordinate für 27 Zoll theilt er in 50 Theile, welches Grade der Skale für 27 Zoll Barometerhöhe ſind. Auch die Verlängerung der Ordinate für 18 Zoll theilt er in 50 Theile, und zieht Linien durch die Theilungspunkte beyder Ordinaten, deren Schiefe eben ſo zunimmt, wie bey den Linien des obern Dreyecks, welche die Grade über 0 abſchneiden.

Würden nun durch alle Grade der Fundamentaltheilung Parallellinien mit der durch 0 gehenden Linie gezogen, ſo könnte man durch Vergleichung derſelben mit den ſchiefen ſehr leicht die am Thermometer beobachteten Grade auf andere bringen, welche für alle nach der Fundamentaltheilung angezeigte Höhen des Queckſilbers Sechszehntheile einer Linie am Barometer ausdruckten. Es ſtehe z. B. das Barometer auf 27 Zoll, und das Thermometer 12 Grad unter 0, ſo müßte man in dieſem Falle $\frac{12}{16}$ einer Linie zur Barometerhöhe hinzuſetzen. Wenn hingegen das Barometer nur 18 Zoll Höhe zeigte, ſo müßte man der Horizontallinie, welche

vom

vom 12ten Grade des Thermometers ausgeht, bis an ihren Durchſchnitt mit der Ordinate für 18 Zoll nachfolgen, und da ſich der Durchſchnittspunkt im 8ten Theilungspunkte unter o befindet, ſo hätte man zur Barometerhöhe nur $\frac{8}{16}$ einer Linie hinzuzuſetzen. Eben ſo könnte man für alle dazwiſchen fallende Queckſilberhöhen bey der vorigen und bey andern Temperaturen verfahren, wenn durch alle Punkte der Fundamentaltheilung Parallellinien mit der Linie durch o gezogen wären. Auf ſolche Art dachte ſich de Lüc die Rechnung zu erſparen. Die Vortheile dieſer Methode ſuchte er noch höher zu treiben, und fand ein bequemes Mittel, die Ordinate, welche der beobachteten Barometerhöhe zugehört, wirklich neben das Thermometer zu ſtellen.

Was die Barometerveränderungen betrifft, ſo haben ſich mehrere Naturforſcher dieſes Zeitraums bemüht, ihre Urſachen anzugeben.

Garcin [u]) ſuchte die Hypotheſe, welche ſchon Pascal, Beal und Wallis aufgeſtellt hatten, zu vertheidigen. Ueberhaupt ſchrieb er das Steigen des Queckſilbers im Barometer den Vermehrungen zu, welche die Dünſte in dem Volumen, dem Gewichte und der Elaſticität der Luft hervorbringen. Das Fallen leitete er vom Regen her; ſo ſagt er, wenn das Queckſilber falle, ſo regne es ſchon in einem Theile der zu unſerm Orte gehörigen Luftmaſſe, wodurch die ganze Maſſe leichter werde. Allein die Menge des Regens iſt viel zu geringe, das Fallen des Queckſilbers daher zu erklären.

Ham-

u) Journal helvetique an. 1734 und 1735.

Hamberger †) ſucht die Barometerveränderungen, wie Woodward, aus dem Stoße der Dünſte, welche in die Atmoſphäre aufſteigen, herzuleiten. Er geht von dem Satze aus, daß die Dünſte vermöge ihres größern ſpecifiſchen Gewichts, als das der Luft, nicht in die Luft aufſteigen könnten. Er wiſſe zwar, daß die Waſſertropfen von der Luft in große Blaſen aufgeblaſen werden könnten, deren Diameter mehr als zehnmahl größer wie der Diameter der Waſſertropfen wäre; allein die Erfahrung lehrte, daß ſolche Blaſen beſtändig ſpecifiſch ſchwerer als die Luft wären, indem ſie bey ſtiller Atmoſphäre herabfielen.

Man ſetze daher, ſagt er, welches aber bisher noch niemand erwieſen habe, (Hamberger ſchien alſo Derhams und Wolfs Erfahrungen nicht zu kennen Th. III. S. 239.), die Dünſte beſtänden aus Bläschen, welche durch die Luft in ein tauſendmal größeres Volumen ausgedehnt wären, als die Waſſertröpfchen, ſo blieben ſie doch noch immer ſpecifiſch ſchwerer, als die Luft, und könnten daher in ſelbige nicht aufſteigen; ſie müßten daher von einer andern körperlichen Subſtanz, z. B. vom Feuer, um ſich zu erheben, angetrieben werden. Dieſer Vorausſetzung gemäß wolle er gern zugeben, daß es möglich ſeyn könne, daß ein Körper, deſſen Höhlung vom Feuer durchdrungen, deſſen äußere Cruſte aus Waſſertheilchen zuſammengeſetzt, und deſſen Umfang tauſend mal größer wäre, als derjenige Raum, den die Waſſertröptchen für ſich einnähmen, ſpecifiſch leichter als die Luft werden könne; allein er läugne gänzlich, daß ein ſolcher Kör-
per

†) Elementa phyſices. Jenae 1735. alter. edit. §. 477. ſcol. 1 ſqq.

per phyſiſch erzeugt werden könne. Denn es ſey kein Grund vorhanden, auf welche Art das Feuer in den Körper eindringen, denſelben in Blaſengeſtalt ausdehnen, und ſich in der Höhlung erhalten könne. Das Feuer vermöge nur in ſolche Körper einzudringen, welche ſpecifiſch ſchwerer als daſſelbe wären, die geringſte Höhlung aber würde nicht ſpecifiſch ſchwerer, ſondern erhielte vielmehr eine Gleichheit in Anſehung des eigenthümlichen Gewichts mit dem Feuer. Ueberdies könne das Feuer in einer ſolchen Höhlung gar nicht beſtehen, wenn es auch durch eine äußere Kraft in ſelbige gezwungen werden könnte; dies ſey daraus klar, weil das Feuer aus einem jeden Körper in den angrenzenden ſpecifiſch ſchwerern übergehe. Nun ſey aber die umgebende Luft ſpecifiſch ſchwerer, als das Feuer, alſo könne eine ſolche Blaſe daſſelbe in der Luft nicht erhalten.

Eben ſo verhielte es ſich, wenn man ſich die Dünſte als Waſſertheilchen von ſo vielen Feuertheilchen umgeben vorſtellte, daß ſie ſpecifiſch leichter als die Luft würden. Mit einem Worte, es ſey unmöglich, daß die Waſſerdünſte ſpecifiſch leichter als die Luft würden.

Hamberger glaubt vielmehr, daß die Erzeugung der Dünſte eine wahre Auflöſung des Waſſers in Luft ſey, wobey dieſe als ein wirkliches Auflöſungsmittel wirke. Das Aufſteigen der Dünſte ſchreibt er der Bewegung der Feuertheilchen zu, welche ſich nach denjenigen Lufttheilen hinzögen, die kälter als das Waſſer wären, und folglich immer nach dem obern kälteſten Theile der Atmoſphäre giengen. Dieſe Feuertheilchen reißen die Waſſertheile durch die Bewegung, welche ſie ihnen mittheilen, mit ſich fort, obgleich die leztern ſpecifiſch ſchwerer als die Luft ſind. Als Beyſpiele

führt

führt er die Theilchen an, welche von dem glühenden Eiſen abgehen, wenn man es von den Kohlen nimmt, und die kleinen Tröpſchen, die von den flüſſigen Materien, wenn ſie ſieden wollen, in die Höhe ſteigen. Dieſe von dem Feuer mit Gewalt fortgeriſſene Waſſertheilchen ſtoßen gegen die Luft, und vermindern alſo ihren Druck gegen die Erde; alſo müßte das Barometer während dieſes Aufſteigens fallen. Und da dieſe Waſſertheilchen der Stoff des Regens ſind, ſo muß das Fallen des Barometers, welches ihre Gegenwart in der Luft anzeigt, Regen ankündigen.

Chriſt. Ludwig Gerſten y) nimmt mit Halley die Winde als die Haupturſache der Barometerveränderungen an, ſucht dieſe aber auf eine der Halley'ſchen ganz entgegengeſetzte Art zu erklären.

Zuerſt ſtellt er eine neue Theorie von der Fortpflanzung zitternder Schwingungen durch eine Reihe elaſtiſcher und einander berührender Körper auf. Wenn, ſeiner Meynung nach, irgend eine Urſache dergleichen Bewegungen in einem zuſammengedruckten elaſtiſchen Körper hervorbringe, ſo theile er dieſelben dem andern angrenzenden elaſtiſchen Körpern mit. So lange dieſe Urſache fortwirke, oder auch die einmal erregte Bewegung durch den Widerſtand noch nicht unterdruckt worden ſey, ſo lange wären alle dieſe elaſtiſchen Körper mehr ausgedehnt, als zuvor. Dieſen Satz wendet er alsdenn auf die Barometerveränderungen an. Hiebey nimmt er die Vorausſetzung an, die Sonne gebe der Atmoſphäre eine regelmäßige Bewegung, welche zwi-

y) Diſſ. tentamina ſyſt. novi ad mutationes barom. ex natura elateris aërii demonſtr. Frf. 1733. 8.

zwiſchen den Wendekreiſen von Morgen nach Abend gehe, und außer denſelben ein wenig von Oſten nach Norden oder Süden abweiche. Dieſe Bewegung bringe kein Zittern der Lufttheilchen hervor, ſondern laſſe ſie ungeſtört in dem Zuſtande, in welchem ſie den Geſetzen des Drucks unterworfen wären. In unſerm Klima werde dadurch ein beſtändiger Nordoſtwind erregt, und das Barometer ſtehe hoch. Durch das Zuſammenſtoßen des Nordoſt- und Südweſtwindes in den elaſtiſchen Theilen der Luft aber würden zitternde Schwingungen erzeugt, wodurch die Atmoſphäre ausgedehnt werde. Aus dieſer Urſache drucke ſie weniger auf die Oberfläche der Erde, und veranlaſſe dadurch das Fallen des Barometers.

Nach Daniel Bernoulli's z) Meynung liegt die Urſache der Barometerveränderungen vorzüglich in den geſchwinden Veränderungen der Wärme in unterirdiſchen Höhlen und Gängen der Erde. Die zunehmende unterirdiſche Wärme treibe nämlich Luft aus den Höhlen; dadurch werde die Atmoſphäre vermehrt, und das Barometer ſteige. Von derſelben Urſache rühre auch das Fallen des Queckſilbers her. Wenn nämlich die Grundwärme abnehme, ſoll ſich die eingeſchloſſene Luft verdichten, die Atmoſphäre aber, um die Höhlen und Gänge auszufüllen, niedriger werden, und nicht mehr ſo ſtark als vorher auf das Queckſilber drucken.

Aus dieſer ſeiner Hypotheſe folgert er, daß diejenigen Oerter, welche den unterirdiſchen Höhlen am nächſten liegen, den Winden und Barometerveränderungen am meiſten ausgeſetzt wären. Vielleicht ſey dieß auch die Urſache, warum gegen den Aequator zu, wo

z) Hydrodynamica, ſect. X. §. 20 ſqq.

wo faſt allenthalben ein gleicher Druck ſtatt finde, weniger Barometerveränderungen wahrgenommen würden, als gegen die nördlichen Gegenden zu.

Allein aus allen Erfahrungen iſt bekannt, daß die unterirdiſche Temperatur ſich ziemlich gleich bleibt; man bemerkt gar nicht ſo gewaltſame aus der Erde kommende Luftſtröme, und die Erfahrung lehrt, daß das Barometer vielmehr bey zunehmender Wärme falle.

Segner [a]) nimmt als die vorzüglichſte Urſache der Barometerveränderungen die Winde an. Schon Hawksbee hat durch eine beſondere Einrichtung gezeigt, daß die Luft leichter werde, wenn ſie in eine ſtarke Bewegung kommt (Th. II. S. 441 f.). Dieſe Vorrichtung verbeſſerte Segner. Seine Beſchreibung iſt dieſe: Eine aus zweyen Theilen zuſammengeſetzte hölzerne Büchſe (fig. 33.) ab, deren innere Höhlung cylindriſch, und an beyden entgegengeſetzten Enden halbkugelförmig ausgehölt iſt, wird mit zwey Röhren cd und eb, welche in die innere Höhlung hineingehen, verſehen. Die eine cd läßt ſich mit einiger Mühe herausziehen; die andere Röhre hingegen, die jener entgegengeſetzt iſt, iſt mit der Büchſe feſt verbunden, und viel weiter als cd. Mit der innern Höhlung der Büchſe ab iſt unten eine heberförmig gekrümmte Röhre gnh verbunden, welche mit einer flüſſigen Materie ohngefähr in der Hälfte zwiſchen dem oberſten Punkt g und dem unterſten der Röhre angefüllt iſt. Wenn man nun durch irgend eine Vorrichtung Wind

a) Invitat. ad diſſ. medic. cond. von Lubken. praemittitur quaedam de mutatione barometrorum a ventis. Goetting. 1743. 4.

Wind durch die Röhre bey e heftig in die Höhlung der Büchſe a b hineinbläßt, wodurch die Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft vermindert wird, ſo ſteigt der Liquor in dem Schenkel o g in die Höhe, in dem andern hingegen fällt er herab; und es wird der Verluſt der Elaſticität der eingeſchloſſenen Luft deſto größer ſeyn, je ſchwerer die flüſſige Materie iſt, welche die heberförmige Röhre faßt. Wenn im Gegentheil die Elaſticität der in der Büchſe eingeſchloſſenen Luft vergrößert wird, ſo folgen entgegengeſetzte Wirkungen: der Liquor in der Röhre g o fällt herab, in der andern h n ſteigt er. Dieß findet beſonders in dem Falle ſtatt, wenn auf beyden Seiten durch die Röhren Wind in die Büchſe geblaſen wird.

Aus dieſen und ähnlichen Verſuchen, meint Segner, laſſe ſich die Veränderung der Barometer leicht und genugthuend erklären. Wenn nämlich in der Atmoſphäre Winde weheten, ſo käme es darauf an, ob dieſe durch irgend eine Urſache in die Enge getrieben würden, wie z. B. in gebirgigen Gegenden durch den Anſtoß an Berge, oder auch durch entgegengeſetzte Winde, oder ob das Gegentheil ſtatt fände; im erſten Falle müßte das Barometer allemal ſteigen, im andern aber fallen.

Auch le Cat b) ſucht die Barometerveränderungen von den Winden herzuleiten, und ſetzt dabey voraus, daß erwärmte Luft weniger, als kalte oder dichte Luft drucke. Daher, ſagt er, komme es, daß die Luft unter dem Aequator ein ſehr geringes Steigen des Queckſilbers im Barometer verurſache, dagegen die Nordluft ein beträchtliches Steigen zuwege bringe. Wenn

b) Nouv. magaſin françois 1750. M. Decembre.

Wenn daher in unſern Gegenden der Oſt⸗Nord⸗Oſtwind wehe, ſo führte uns dieſer eine dichte Luft zu, und der Erfolg davon wäre, daß die Barometer ſteigen müßten; wenn dagegen der Süd⸗Süd⸗Weſtwind herrſche, ſo führte uns dieſer Aequator⸗Luft zu, und das Queckſilber müßte fallen. Daß es aber von dieſer Regel Ausnahmen gäbe, darüber dürfe man ſich nicht wundern, indem in vielen Fällen, beſonders in unſern Gegenden, die Winde nicht von Einer, ſondern von verſchiedenen Gegenden her weheten, wodurch die Luft in Anſehung ihres Drucks ungemein vielen Modifikationen unterworfen wäre. — Die Erfahrung iſt aber doch dieſer Hypotheſe ganz entgegen. —

Kratzenſtein c) und Toaldo d) haben die Barometerveränderungen vorzüglich vom Stande des Mondes herleiten wollen, indem dieſer eben ſo gut auf die Atmoſphäre, wie auf das Meerwaſſer wirken müſſe. Toaldo beſonders wollte durch eine 40jährige Beobachtung gefunden haben, daß die Neumonde, vorzüglich in der Erdnähe, niedrigen Barometerſtand und Sturm mit ſich bringen. — Der Einfluß des Mondes auf unſere Atmoſphäre kann zwar, wie alle nachherige Beobachtungen gelehrt haben, nicht geläugnet werden; allein er kann unmöglich die alleinige Urſache der Barometerveränderungen ſeyn, indem dieſe unter dem Aequator viel ſtärker und regelmäßiger ſeyn müßten, als näher gegen die Pole hin, welches aber doch gerade umgekehrt iſt.

De

c) Abhandlung vom Einfluſſe des Mondes in die Witterung. Halle 1746. 1771. 8.

d) Saggio meteorologico. Patova 1770. 4.

De Lüc [e]) gründet ſeine Erklärung der Barometerveränderungen auf den Satz, daß die Dünſte viel leichter wären, als die gemeine Luft. Stiegen nämlich die Dünſte in die Atmoſphäre, ſo verdrängten ſie aus den Stellen, welche ſie einnähmen, die weit ſchwerere Luft, folglich würden die mit Dünſten beladenen Luftſchichten allemal leichter, als die reine Luft, und das Queckſilber müßte fallen. Fielen aber die Dünſte herab, ſo würde nun die ſchwerere Luft in dieſe Stellen, wo die Dünſte waren, wieder zurückkehren, und das Barometer würde wieder ſteigen. Hieraus erklärt ſich das Fallen des Queckſilbers vor dem Regen, und das Steigen deſſelben nach dem Regen oder bey der Rückkehr guter Witterung. Allein nach dieſer Hypotheſe iſt es nicht möglich zu erklären, warum die Barometerveränderungen unter dem Aequator ſo unmerklich ſind, da doch daſelbſt die Dünſte weit ſtärker, als in andern Gegenden der Erde, aufſteigen, und die Witterung ebenfalls abwechſelnd iſt. Dieſe ſeine Hypotheſe wird aber von ihm nachher dadurch widerlegt, daß er ſich eine ganz andere Vorſtellung von der Entſtehung der Dünſte, und der Verwandlung derſelben in der Atmoſphäre macht [f]).

Luftpumpe und Elaſticität der Luft.

Die Luftpumpen mit Hähnen haben von der erſten Erfindung an beſtändig den meiſten Beyfall erhalten, vermuthlich weil dieſe Art von Luftpumpen dauerhaf-

e) Unterſuchungen über die Atmoſphäre. Th. II. §. 665. u. f.

f) Mémoir. ſur les inſtruments, qui ſont propres aux experiences de l'air in den Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1740. 1741. imgl. Leçons de phyſ. experim. T. III. leç. X.

hafter, als die mit Ventilen, bearbeitet werden können. In dieſem Zeitraume wurden ſie beynahe allgemein eingeführt; nur in England ſind die Ventile mehr im Gebrauch geblieben. Da es bey dem Auspumpen der Luft an Luftpumpen mit Hähnen ſehr aufhält, daß bey jedem Zuge der Hahn anders gedreht werden muß, bevor die Arbeit fortgeſetzt werden kann, ſo hatte ſchon s'Graveſande die Anordnung ſeiner Luftpumpe ſo gemacht, daß einerley Mechanismus ſowohl die Kolben zu bewegen diente, als auch jedesmal beym Anfange eines neuen Zuges den Hahn wieder in ſeine rechte Lage verſetzte. Eine ähnliche Anordnung hat nach s'Graveſande der Abt Nollet bey ſeiner doppelten Luftpumpe angebracht.

Nollet hat überhaupt zwey von ihm erfundene Einrichtungen der Luftpumpe angegeben. Seine einfache Luftpumpe, welche vorzüglichen Beyfall erhalten hat, kömmt in Anſehung des äußerlichen Anſehens mit der Boyleſchen und Papin'ſchen überein. Der Cylinder ſteht auf ſeinem Fußgeſtelle vertikal, und der Stempel wird wie bey der Papin'ſchen vermittelſt eines Steigbügels mit einem Fuße herunter, und durch eine aufwärts gehende Stange an einem Handgriffe mit der Hand wieder aufgezogen. Der Hahn iſt oberhalb des Cylinders wie bey der Boyleſchen angebracht, jedoch mit dem Unterſchiede daß hier der Stöpſel nicht nöthig iſt, um die Luft aus dem Cylinder zu laſſen. Der Nolletſche Hahn iſt nämlich wie der Sengwerdſche doppelt durchbohrt, ſo daß man durch abwechſelnde Stellung des Griffs entweder den Cylinder mit dem Teller, oder mit der äußern Luft in Verbindung bringen kann. Beym Gebrauche dieſer Pumpe muß man alſo vor dem Niedertreten den Hahn in die ei e, und vor dem Her-

aufziehen deſſelben in die andere Stellung verſetzen. Vor die Oefnung des Hahns ſetzt Nollet ein Ventil, welches wohl die Luft aus dem Cylinder heraus, aber keine äußere Luft hinein läßt. Die Abſicht hiebey iſt, das Aufziehen des Stempels zu erleichtern. Iſt nämlich der Stempel niedergetreten worden, ſo tritt aus dem Recipienten in den Raum des Cylinders Luft, welche eine geringere Dichtigkeit als die äußere atmoſphäriſche Luft beſitzt. Wird hiernächſt der Hahn ſo geöffnet, daß die äußere Luft mit dem Cylinder in Verbindung ſteht, ſo ſchlüpft die äußere Luft, wenn kein Ventil da iſt, in den Cylinder ſo lange hinein, bis die innere ſo dicht als die äußere iſt. Liegt aber das Ventil vor der Oefnung, ſo enthält der Cylinder Luft von weit geringerer Dichtigkeit, als die äußere atmoſphäriſche, und der Druck der Atmoſphäre von unten auf treibt den Kolben beynahe ſelbſt wieder zurück, ſo daß die arbeitende Perſon nur wenig nachzuhelfen hat, um den Kolben ganz einzuſtoßen. Man ſieht übrigens ſehr leicht, daß dieſe Pumpe auch als Compreſſionsmaſchine gebraucht werden kann, wenn das Ventil vom Hahne weggenommen wird.

Nollet's doppelte Luftpumpe kömmt in Anſehung der mechaniſchen Anordnung, die Kolben zu bewegen, mit der Hawksbee'ſchen Luftpumpe überein. Die beyden Cylinder ſtehen neben einander vertikal, in welche die Stempel mit den gezahnten Zugſtangen von unten hineingehen, und vermittelſt eines Sternrades durch eine lange Kurbel bewegt werden. Gleich über beyden Cylindern iſt ein Aufſatz angebracht, worin ein Hahn ſteckt, welcher ſo durchbohrt iſt, daß er beym Hin- und Herwenden bald den einen, bald den andern Cylinder mit dem Recipienten in abwechſelnde Verbin-

dung

dung bringt. Hawksbee war genöthigt, beyde Cylinder unten durch eine Communikationsröhre zu verbinden, und von derſelben eine ziemlich lange Röhre bis nach den Teller hinauf zu leiten. Nollet führt aber ſehr gute Gründe an, weßwegen er geſucht habe, eine ſo lange Verbindungsröhre zu vermeiden. Die Kurbel, welche das Rad dreht, dreht zugleich bey jedem Anfange eines neuen Zuges den Hahn gehörig um, und zwar vermittelſt eines kurzen Zapfens, der das Ende vom Griffe des Hahns ergreift, ſolches durch einen Bogen mit herumführt, wodurch eben der Hahn die gehörige Stellung erhält. Hierbey müſſen aber die Kolben ſelbſt ſich nicht mit dem Hahne zugleich bewegen, ſondern der Hahn muß jedesmal ſchon in ſeine rechte Stellung gebracht ſeyn, bevor die Kolben ihre Bewegung anfangen. Die hiezu nöthige mechaniſche Einrichtung hat Nollet umſtändlich und deutlich beſchrieben, und würde hier anzuführen zu weitläuftig ſeyn, da beſonders dieſe Luftpumpe außer Frankreich nicht in Gebrauch gekommen iſt.

Die Luftpumpen mit Hähnen wurden den Luftpumpen mit Ventilen auch beſonders deßwegen vorgezogen, weil ſie nicht allein als Verdünnungs- ſondern auch ſehr bequem als Compreſſions-Maſchinen gebraucht werden konnten. In England allein blieben die Luftpumpen mit Ventilen mehr gebräuchlich, und auch die Engländer waren es, welche ſich bemühten, dieſe Art von Luftpumpen zu einem größern Grade der Vollkommenheit zu bringen. Vorzüglich gab ſich der engliſche Künſtler, Johann Smeaton, Mühe, alle Mängel, welchen die Luftpumpen mit Ventilen bisher ausgeſetzt waren, durch einen ſinnreichen Mechanismus zu verbeſſern, und ſie vornemlich auch zum

Ver-

Verdichten der Luft einzurichten. Die von ihm erfundene Luftpumpe gab er im Jahr 1759 an g).

Smeaton's Luftpumpe hat nur einen Cylinder, und gehört daher in die Claſſe der einfachen Pumpen. Der Cylinder ſteht vertikal und aufrecht, die Oefnung für die Stempelſtange iſt oben, der Boden des Stiefels unten, und zur Bewegung des Kolbens iſt die Fuhrmannswinde beybehalten worden. Die Kolbenſtange iſt länger als gewöhnlich, und mehr denn doppelt ſo lang, als der Cylinder: ſie iſt aber nur ſo weit mit Zähnen verſehen, als ſie über dem Cylinder hervorragt, wenn der Kolben ganz unten am Boden des Cylinders ſteht. Dieſe letzte Einrichtung war nöthig, weil man auch im Cylinder den Raum über dem Kolben bis an die obere Oefnung des Cylinders, wo die Stange durchgeht, gegen den Zugang der äußern Luft verwahren wollte. Um deswillen iſt die oberſte Oefnung des Cylinders mit einem Deckel verſchloſſen worden, woſelbſt die Kolbenſtange durch einen ledernen Ring hindurchgeht, der an dieſelbe feſt anſchließen muß, ſo wie der Kolben ſelbſt an der innern Fläche des Cylinders anſchließt. Das mit Zähnen verſehene Stück der Kolbenſtange, welches bey dieſer Einrichtung nie in den Cylinder hineintritt, muß noch etwas länger ſeyn, als das Stück, welches in dem Cylinder ſteckt, wenn der Kolben auf dem Boden deſſelben liegt, und die Kurbel mit dem Trilling muß in hinlänglicher Höhe über dem oberſten Deckel des Cylinders befeſtigt ſeyn. Dieß iſt auf folgende Art zuwege gebracht. Das Fußgeſtelle der Pumpe iſt wie ein Tiſch mit vier Füßen eingerichtet, und die Bänder zwiſchen den Füßen, nebſt dem

g) A letter, concerning ſome improvements made in the Air-Pump. Philoſ. Tranſ. Vol. XXVII. n. 69.

dem Tiſchblatte, dienen dem Cylinder zur Befeſtigung. Oben über dem Tiſchblatte ſtehen zu beyden Seiten des Cylinders und der hervorragenden Stange ein Paar lothrechte Säulen, die oben ſo mit einander verbunden ſind, daß der Verband der Axe des Trillings zur Unterlage dient, die zugleich ſo hoch über dem Deckel des Cylinders erhaben iſt, als die Länge des Zugs erfordert. Auf dem Tiſchblatte ſtehen vier andere Säulen, welche eine Platte tragen, worauf der Teller befeſtigt iſt, nebſt noch einem Schraubengeſtelle, welches die Glocke zu befeſtigen dient, wenn man die Luft unter ſelbiger verdichten will.

Die fig. 34. ſtellt einen vertikalen Schnitt durch die Axe des Cylinders ab und einer von dem Boden des Cylinders ſeitwärts horizontal fortlaufenden Röhre cd vor. Der Kolben hat ein Ventil, welches die Luft von unten nach oben durchläßt, ihr aber von oben nach unten den Rückweg verſchließt. Im Boden des Cylinders liegt ein anderes Ventil t, welches die Luft ebenfalls nach oben durchläßt, ihr aber den Rückweg von oben nach unten verſchließt. Hieraus erhellt, daß die Pumpe, wenn die Röhre cd ununterbrochen bis zum Teller der Luftpumpe hinaufgeführt, und alsdenn der Cylinder oben offen wäre, bloß zum Verdünnen der Luft unter der Glocke dienen würde. Sie ſollte aber auch als Compreſſionsmaſchine brauchbar ſeyn: deßwegen iſt die Röhre cd nicht allein vermittelſt eines daſelbſt angebrachten Hahns unterbrochen, ſondern auch die Einrichtung ſo gemacht worden, daß ſich dieſe Röhre mittelſt des Hahns in zwey Aeſte vertheilt, davon ein jeder nach Gefallen verſchloſſen werden kann. Die Abbildung ſtellt einen Schnitt durch die Axe des Hahns vor; wovon efgh die Hülſe iſt,

in

in welcher der koniſche Zapfen genau paßt. Ferner iſt k der Kopf des Hahns, welcher mit drey horizontalen Schweifen, wie kl, verſehen iſt, die am Mittelpunkte k gleiche Winkel mit einander einſchließen. Die innere Einrichtung des Hahns ſelbſt lernt man am beſten kennen, wenn man ſich durch die horizontale Axe der Röhre cd eine Ebene vorſtellt, welche die Axe des Hahns ſenkrecht ſchneidet; ihr Durchſchnitt mit dieſer Röhre ſtelle die fig. 35. vor. Der Umfang des Ringes dnm iſt in drey gleiche Bogen getheilt, und der Mittelpunkt der Oefnung d, womit die Röhre cd zuſammenhängt, iſt der erſte von den Theilungspunkten. Da, wo die beyden übrigen Theilungspunkte hinfallen, bey m und n, hat die Hülſe ebenfalls Oefnungen. Von m geht eine Röhre hinauf nach dem Teller, worauf die Glocke ſteht; von n aber geht eine andere Röhre nach der oberſten Oefnung des Cylinders hinauf, und hängt daſelbſt mit dem innern Raume des Cylinders ſo zuſammen, wie es in der fig. 34. bey opq vorgeſtellt iſt. Der in der fig. 35. vorgeſtellte innere Kreis ſtellt einen horizontalen Querſchnitt des Hahns vor, welcher in der fig. 36. beſonders gezeichnet iſt. Hieſelbſt iſt v der Mittelpunkt des Kreiſes in der Axe des Hahns, die Peripherie iſt in drey gleiche Bogen bey 1, 2, 3 getheilt; von 1 erſtreckt ſich ein Canal bis 2; bey 3 geht ein Canal gegen die Axe des Hahns zu, biegt ſich aber bey y aufwärts, ſo wie es die fig. 34. bey dz vorſtellt. Mit v1, v2, v3 ſind die drey Schweiſe des Hahns parallel.

Wenn nun der Hahn in ſeiner Hülſe ſteckt, und die Oefnung 1 (fig. 36.) auf d (fig. 34.) zutrifft, ſo trifft 2 (fig. 36.) auf m (fig. 35.), und 3 (fig. 36.) auf n (fig. 35.) zu; alſo iſt ein Weg von c durch d

und m nach dem Raume unter der Glocke, und überdem ein Weg oben von dem Cylinder bey o (fig. 34.) durch p, q, n (fig. 35.) und y bis z (fig. 34.) offen, ſo daß die Luft unter der Glocke mit der Luft im Cylinder unter dem Kolben, und überdem die Luft über dem Kolben mit der äußern Luft Gemeinſchaft hat. Demnach dient nun die Pumpe, die Luft unter der Glocke zu verdünnen, und deßwegen iſt auf dem mit (fig. 36.) v 1 parallelen Schweif des Hahns der Buchſtab e geſtochen, welches ein Merkmal, den Hahn recht zu ſtellen, abgiebt. Beym Heraufziehen des Stempels tritt von der Luft unter der Glocke ein Theil durch den Weg dct in den Raum unter dem Stempel im Cylinder, und die über dem Kolben befindliche Luft nimmt den Ausweg durch opq. Beym Herabwinden des Stempels ſchließt ſich das Ventil t, und die unter dem Kolben vorher hinein getretene Luft ſteigt durch das Kolbenventil über den Kolben hinauf. Ob nun gleich dieſe Luft ſchon verdünnt iſt, ſo würde ſie doch, ſobald ſie über dem Kolben hinauf kommt, mit der äußern Luft einerley Dichtigkeit annehmen, wenn die Verbindung durch opq mit der äußern Luft beſtändig offen bliebe. Um dieß zu verhindern, iſt bey o ein kleines Ventil angebracht, welches das Eindringen der äußern Luft verhindert, bis durch Verengerung des Raums über dem Stempel die daſelbſt befindliche Luft anfängt dichter zu werden, als die äußere, da ſie alsdenn das Ventil aufſtößt, und ihren Ausgang findet.

Wenn man den Hahn in ſeiner Hülſe ſo dreht, daß (fig. 36.) 3 auf (fig. 35.) d zutrifft, ſo trifft (fig. 36.) 1 auf (fig. 35.) m, und (fig. 36.) 2 auf (fig. 35.) n zu. Demnach hat nun die äußere Luft durch (fig. 34.) zdct mit der Luft unter dem Stempel im

Cylinder Gemeinſchaft: von der Luft über dem Stempel aber geht ein Weg durch opq und (fig. 35.) n, m (zwiſchen dieſen Oefnungen liegt nun der Canal (fig. 36.) von 1, 2) bis zu der Luft unter der Glocke hinauf. Dieſem nach dient nun die Pumpe dazu, die Luft unter der Glocke zu verdichten. Beym Heraufziehen des Stempels tritt die äußere Luft durch (fig. 34.) zdc, öfnet das Ventil t, und begiebt ſich in den Raum, der unter dem Stempel leer wird; die über dem Stempel ſchon befindliche Luft geht zugleich durch opq in den Raum unter der Glocke. Beym Herabwinden des Stempels ſtößt die vorhin in den Cylinder von außen hinein getretene Luft das Kolbenventil auf, und begiebt ſich in den Raum über dem Kolben, da ſie dann wegen des Ventils bey o ihre natürliche Dichtigkeit anfänglich behält, bis ſie der hinauf gehende Stempel ſo weit verdichtet hat, daß ihre Dichtigkeit diejenige zu übertreffen anfängt, welche die unter der Glocke jetzt befindliche Luft ſchon erlangt hat. Das Ventil o dient alſo bey beyderley Arbeit, die Mühe zu erleichtern, und ein ähnlicher Vortheil war auch bey der s'Graveſand'ſchen und Nolletſchen Pumpe angebracht.

Schon lange hatte man bey Luftpumpen die ledernen Ventile verworfen. Statt derſelben ſchneidet man aus einem Stück von einer Blaſe einen Streifen, welcher die nöthige Breite beſitzt, und ſpannt denſelben gerade über der Oefnung aus, die man mit einem Ventil ſchließen will. Es iſt leicht einzuſehen, daß dieß die Stelle eines Ventils vertrete, wenn das Stück Blaſe nach Art eines Bandes nur an beyden Enden befeſtigt iſt. Von der Seite, wo die Blaſe aufliegt, druckt die Luft ſie nur deſto feſter an; wenn aber die Luft von der andern Seite druckt, ſo hebt ſie die Blaſe in der

Mitte ein wenig, und bläßt alsdenn zu beyden Seiten heraus. Mit dergleichen Ventilen hatte ſchon Hawksbe'e ſeine Luftpumpe verſehen, und man kann ihnen blos den Fehler zur Laſt legen, daß eine ſehr verdünnte Luft, wenn ſie durch eine ſehr kleine Oefnung gehen ſoll, nicht Elaſticität genug beſitzt, die Blaſe zu heben. Der Druck der Luft gegen die Blaſe ließe ſich zwar durch Erweiterung der Oefnung vergrößern, welche die Blaſe als ein Ventil verſchließen ſoll; allein dabey würde man in eine andere Unbequemlichkeit verfallen. Wenn nämlich von der andern Seite, wo die Blaſe aufliegt, eine viel dichtere Luft gegen die Blaſe druckt, ſo entſteht bey einer großen Oefnung in der Blaſe eine Vertiefung, und man läuft Gefahr, daß die Blaſe zerreiße. Smeaton hat bey ſeinen Ventilen beyde Fehler zu vermeiden geſucht. Bey ſeiner Luftpumpe hat das Bodenſtück des Stiefels eine runde Vertiefung (fig. 34.) t ſ, womit unten die Röhre c d zuſammenhängt. Dieſe Vertiefung iſt im Durchmeſſer dreymal weiter, als die Röhre c d, und über ihre obere Oefnung iſt die Ventilblaſe ausgeſpannt. Demnach iſt hier die Fläche der Ventilöfnung neunmal weiter, als ſie ſeyn würde, wenn die Röhre c d unmittelbar mit der Blaſe bedeckt wäre, alſo der Druck der Luft gegen die Blaſe neunmal größer, als wenn das Ventil wie ſonſt gewöhnlich eingerichtet wäre. Damit nun aber hier nicht die andere Unbequemlichkeit eintrete, und die unter dem Stempel befindliche Luft, wenn der Stempel ſie zuſammendruckt, die Blaſe zerſprenge, ſo bringt Smeaton über der Oefnung t ſ ein zartes Netz von Metall an, das aus ſieben Sechsecken beſteht, wovon ihrer ſechs um das Siebende in der Mitte befindliche herum liegen. Dies Netz (fig. 37.) i k befindet ſich in der Mitte einer metallenen Scheibe a b c d, welche

auf dem Boden des Stiefels liegt. Der Blaſe giebt Smeaton die Geſtalt a b c d, ſo daß ſie an vier Enden um den Rand des Ringes gelegt, und ſo befeſtigt wird. Zwiſchen dieſen vier Stellen bey a, b, c, d ſind die Bogen e, f, g, h ein klein wenig erhöhet, damit der Stempel, wenn derſelbe unten an dem Ventil etwas angedrucket wird, die Blaſe nicht beſchädige.

Wenn nun der Stempel unten an dem Ventil allenthalben genau anſchließt; ſo wird auf dieſe Art auch zuwege gebracht, daß alle Luft, die unter dem Kolben vorhanden iſt, durch das Kolbenventil hinaufzutreten gezwungen wird. Eben darum iſt in der Mitte der übrigens ebenen und glatten Grundfläche des Kolbens eine kleine Oefnung (fig. 34.) i befindlich, der Kolben iſt hohl, und gleich über der Oefnung i liegt das Ventil x y. Durch das darüber befindliche Stück des Kolbens gehen ein Paar kleine Oefnungen m und n hindurch, um die durch das Ventil getretene Luft hinaufzulaſſen. Nun wird nur ein ſehr geringer Theil der bey jedem Zuge während des Auspumpens in den Cylinder hineingetretenen Luft zwiſchen dem Kolben- und dem Bodenventil ſtecken bleiben, etwa ſo viel, als den kleinen Canal i bis an die Blaſe x y ausfüllt. Dieſe iſt indeſſen wegen des bey o angebrachten Ventils mit der Luft unter der Glocke beynahe gleich ſtark verdünnt, und kann deswegen bey dem folgenden Zuge der fernern Verdünnung nicht merklich hinderlich ſeyn. Wenn das Ventil bey o nicht befindlich wäre, ſo würde die unter dem Kolben zurückbleibende Luft mit der äuſſern gleiche Dichtigkeit haben, und alsdenn der fernern Verdünnung ſo ſehr hinderlich ſeyn, daß man ſie nur bis auf eine gewiſſe Grenze treiben könnte. Uebrigens kommt es nun bey dieſer Pumpe noch vorzüglich darauf an,

daß

daß der Stempel oben an dem Deckel des Cylinders in ſeinem höchſten Stande recht genau anſchließe, und daß bey o zwiſchen dem dortigen Ventil und dem Kolben ſo wenig Luft, als möglich, ſtecken bleibe, weil ſie daſelbſt mit der äußern einerley Dichtigkeit hat; doch iſt ſie hier ſo ſchädlich nicht, als bey ſolchen Pumpen, wo ſie zwiſchen dem Hahn und dem Kolben ſtecken bleibt.

Sollte dieſe Maſchine als Compreſſionsmaſchine gebraucht werden, ſo hatte Smeaton die Einrichtung ſo gemacht, daß die Glocke, in welcher die Luft comprimirt werden ſollte, durch Schrauben und andere Vorrichtungen feſt an den Teller gedruckt werden konnte.

Ob nun gleich die Luftpumpe mit Hähnen, ſo wie auch die Smeatonſche Luftpumpe, als Compreſſionsmaſchinen gebraucht werden konnten, ſo hatte man doch, vermuthlich der Bequemlichkeit wegen, eigene Compreſſionsmaſchinen erdacht. Nach Hawksbee'n ſchlug der Abt Nollet h) hiezu ein kupfernes Rohr (fig. 38.) c d vor, deſſen beyde Enden d und c aufwärts gebogen ſind. Bey b befindet ſich eine hohle 7 bis 8 Linien lange Schraube, um einen Teller, eine Kugel oder ein anderes mit einem Hahne verſehenes verſchloſſenes Gefäß aufſchrauben zu können. Der Hahn e iſt wie bey der Sengwerdſchen Luftpumpe, einmal diametral, das andere mal ſchief mit einem bey m ausgehenden Canale durchbohrt. Am Ende d befindet ſich eine Pumpe a d, oder ein metallener Stiefel mit einem genau einpaſſenden Kolben. Kehrt man nun den Hahn ſo, daß ſein bey m ausgehender Canal mit dem Theile

h) Art des experiences, Tom. III. p. 10. ſq.

le d verbunden wird, und zieht den Kolben auf, ſo füllt ſich der Stiefel der Pumpe ad mit Luft aus dem Zimmer. Hierauf wendet man den Hahn anders, daß nunmehr der gerade durchgehende Canal beyde Theile d und c mit einander verbindet, und ſtößt den Kolben nieder, ſo wird die vorher im Stiefel ad befindliche Luft durch den Hahn nach c und in das aufgeſchraubte Gefäß oder in die auf dem Teller befeſtigte Glocke getrieben. Man giebt dem Hahne wiederum die erſte Stellung, und füllt durch Aufziehung des Kolbens den Stiefel aufs neue mit Luft aus dem Zimmer u. ſ. w. Durch mehrere Wiederholungen dieſes Verfahrens kann man alſo in ein verſchloſſenes Gefäß oder unter eine wohl befeſtigte Glocke mit jedem Zuge mehr Luft bringen.

Weil aber das beſtändige Hin- und Herwenden des Hahns die Operation mit der Nolletſchen Compreſſionsmaſchine beſchwerlich macht, ſo hat Winkler [i]) eine ſehr bequeme Compreſſionsmaſchine angegeben. Sie beſteht aus einem meſſingenen Rohre (fig. 39.) ab mit einem Kolben, der durch die Kolbenſtange c und den Griff d auf- und niedergezogen wird. Bey e iſt ein kleines Loch, durch welches die äußere Luft hineinfähret, wenn man den Kolben über das Loch heraufziehet. Bey b iſt ein Blaſenventil, welches die Luft zwar aus eb in bf, aber nicht aus bf in be zurück läßt. Das Rohr ab iſt durch eine Schraube mit dem horizontalliegenden und am andern Ende aufwärts gebogenen Rohre bfg verbunden, auf deſſen Ende g das Gefäß, in welchem man die Luft verdichten will, aufgeſchraubt werden kann. Werden nun dieſe Röhren auf ein hölzernes Geſtelle befeſtigt, ſo geben ſie eine ſehr

i) Anfangsgründe der Phyſik. Leipzig 1754. 8. S. 130.

ſehr bequeme Compreſſionsmaſchine ab, worauf man mit dem Fuße treten, und ſo den Kolben in einer vortheilhaften Stellung des Körpers aufziehen kann.

Da unter der Glocke kein ganz luftleerer Raum bewirkt werden kann, ſo hatten auch ſchon die erſten Erfinder der Luftpumpe darauf gedacht, einen ſo genannten Elaſticitätszeiger zu erfinden. Eine ſolche Vorrichtung hat man ſehr irrig ſelbſt in dem größten Theile dieſes Zeitraums für einen Dichtigkeitsmeſſer angeſehen. Hawksbee's Merkurialzeiger (Th. II. S. 457.) diente blos, zu beurtheilen, wie weit ſich die Verminderung des Drucks der unter der Glocke befindlichen elaſtiſchen Materie treiben laſſe. Daher gab Smeaton eine etwas andere Einrichtung an, damit ſie auch dienen könne, zu zeigen, wie weit ſich die Verdichtung unter der Glocke bringen laſſe. Smeatons Merkurialzeiger iſt eine unten bey (fig. 40.) f umgebogene Röhre, wovon beyde Schenkel vertikal ſind. Der längere Schenkel hängt oben bey g mit dem Teller der Pumpe, wie der von Hawksbee, zuſammen, und der kürzere iſt bey c zugeſchmolzen. In dieſe Röhre bringt man Queckſilber hinein, und zwar ſo, daß ein Theil des Schenkels cf mit Luft angefüllt bleibt. Wenn dies ſo eingerichtet wird, daß das Queckſilber in beyden Schenkeln gleich hoch bis an die Horizontallinie ab ſteht, und die Oefnung g mit der äußern Luft Gemeinſchaft hat, ſo iſt die Elaſticität der in bc angeſchloſſenen Luft mit der Elaſticität der äußern einerley. Fängt man nun an, die Luft unter der Glocke wegzupumpen, ſo tritt das Queckſilber aus dem kürzern Schenkel in den längern hinein, und ſteigt in dem letztern deſto höher, je weiter das Auspumpen getrieben wird. Man erkennt alſo hieraus die Elaſticität der zurückgebliebenen Materie

terie aus der Höhe, um welche ſich das Queckſilber über die Horizontallinie a b erhebt. Auf einer gehörig befeſtigten Tafel h i können alsdann Abtheilungen angebracht werden, um die Größe der erreichten Höhe in dem längern Schenkel zu erkennen.

Wenn hingegen die Luft unter der Glocke verdichtet wird, ſo ſteigt alsdann das Queckſilber in dem kürzern Schenkel b c höher hinauf und ſinkt in dem andern Schenkel unter a, und es läßt ſich wiederum auf dieſe Weiſe beſtimmen, wie ſtark die unter der Glocke befindliche Luft comprimirt ſey.

Smeaton erkannte zwar, daß ſein Merkurialzeiger blos die Elaſticität der unter der Glocke befindlichen Materie anzeige, aber keineswegs ein Dichtigkeitsmeſſer ſey, und gab daher, um die Dichtigkeit der unter der Glocke verdünnten Luft unmittelbar zu meſſen, ein anderes Werkzeug an, welches er von ſeiner äußern Geſtalt die Birnprobe nennt. Gleichwohl ſcheint er doch alle Vorzüge dieſes ſeines Inſtruments nicht ganz gekannt zu haben. Es hat folgende Einrichtung. Ein hohles gläſernes Gefäß (fig. 41.) d e, welches unten bey e offen iſt, und ungefähr ſo wie eine Birne ausſieht, hängt mit einer engen Röhre f g zuſammen, die oben bey g zugeſchmolzen iſt. Das Verhältniß vom Inhalte des ganzen Gefäßes zum Inhalte der Röhre f g muß bekannt ſeyn; alsdenn iſt man aber auch im Stande, an f g eine kleine Tafel zu befeſtigen, und Abtheilungen darauf zu machen, welche bey g anfangen, und wovon eine jede ein Tauſendtheilchen vom Inhalte des ganzen Gefäßes anzeigt. Dieſen ganzen Apparat hängt man mittelſt eines an der Tafel bey c befindlichen Ringes an den Haken eines Drathes, welcher durch den Kopf einer Glocke ſo geht, daß man ihn auf- und

abwärts

abwärts ſchieben kann, ohne doch Luft durchzulaſſen. Unter die Oefnung e der aufgehängten Birnprobe ſetzt man ein Gefäß kl mit Queckſilber ſo, daß die Oefnung e anfänglich das Queckſilber nicht erreicht. Hierauf läßt man nun unter der Glocke mittelſt der Luftpumpe die Luft auspumpen; alsdann druckt man den Stift bc tiefer abwärts, damit ſich die Oefnung e ins Queckſilber eintauche, läßt hierauf die äußere Luft wieder unter die Glocke, welche nun das Queckſilber ins Gefäß hineintreiben, und vermittelſt deſſelben die verdünnte Luft zuſammenpreſſen wird, welche darinn noch übrig war, und mit der verdünnten Luft unter der Glocke einerley Dichtigkeit hatte. Dieſe Luft wird ſich nun oben bey g in einen kleinen Raum begeben haben, und aus den auf der Tafel angebrachten Abtheilungen erkennt man das Verhältniß dieſes Raums zum Inhalte des Gefäßes, folglich auch das Verhältniß ihrer jetzigen Dichtigkeit zur vorigen, da ſie durch den Raum des ganzen Gefäßes ausgebreitet war. Weil die Oefnung e ziemlich weit iſt, ſo kann man das Queckſilber ausgießen, ſo daß der in fg hineingetretene Theil zurückbleibt. Hält man alsdenn die Röhre horizontal, ſo wird die bey g befindliche Luft blos von der Atmoſphäre zuſammengepreßt, und ihre Dichtigkeit iſt alsdenn der Dichtigkeit der äußern Luft gleich. Die Tafel zeigt alſo nun an, wie vielmal ſie vorher dünner geweſen ſey, als die äußere Luft.

Man ſchloß ſonſt aus den Reſultaten, welche die Elaſticitätszeiger zeigen, auf die Verdünnung der Luft unter der Glocke, und hielt ſie für einerley mit denen, welche die Birnprobe angiebt. Dieſe irrige Meynung hatte die Folge, daß man ſich nicht zu erklären wußte, woher die großen Unterſchiede zwiſchen den aus der Ba-

rometerprobe und den aus der Birnprobe geſchloſſenen Verdünnungen kämen. Endlich aber zeigte Nairne [k]), daß man bey der Barometerprobe nicht auf die Verdünnung der Luft ſchließen könne, wie bey der Birnprobe. Er unterſuchte die Wirkungen beyder Proben an einer Smeatonſchen Luftpumpe. Die Ausleerung der Luft konnte er bis über das 1000 fache treiben; aber es ſtieg ſo viel Feuchtigkeit und Dampf auf, daß die ganze in der Glocke befindliche Materie kaum über 70 bis 80 mal dünner werden konnte, als die äußere Luft. Beym Verdünnen der Luft ſteigen nämlich elaſtiſche Dämpfe auf, welche die Stelle der Luft einnehmen, und auf den Elaſticitätszeiger wirken, die aber bey der Birnprobe durch Zulaſſung der äußern Luft niedergeſchlagen werden, und daher keine Wirkung mehr auf das Queckſilber ausüben können. Die Vergleichung der Birnprobe mit der Barometerprobe beſtimmt folglich, welcher Theil der ganzen unter der Glocke befindlichen Materie aus Luft, und welcher Theil aus aufgeſtiegenen Dämpfen beſtehe.

Eine vollſtändige Anleitung zur Berechnung des Effekts und der mechaniſchen Anordnung verſchiedener Luftpumpen giebt Karſten [l]).

Eine andre Einrichtung einer Luftpumpe, welche ſich auf gewiſſe Eigenſchaften des heißen Waſſerdampfes gründet, ſchlug im Jahre 1769. Wilke [m]) vor. Die Natur der Waſſerdämpfe, ſagt er, ſcheint, außer andern vortheilhaften Anwendungen, auch auf zweyerley

k) Philoſ. Tranſact. Vol. LXVII. n. 22.

l) Lehrbegriff der geſammten Mathematik; Pnevmatik. Th. VI. Abſchn. VI.

m) Abhandl. der königl. ſchwed. Akadem. der Wiſſenſch. für 1769. 31ter B. S. 31. u. f.

ley Art zu Unterſuchung der Körper im luftleeren Raume, oder zu ſo genannten Luftpumpen dienlich zu ſeyn. Erſtlich könnte man unmittelbar einen Körper in den Raum bringen, den die heißen Dämpfe erfüllt hätten, und ſolchen durch derſelben Abkühlung plötzlich in einem leeren Raume haben; auf eine andere Art aber, welche mit unſern gewöhnlichen Luftpumpen mehr Aehnlichkeit hätte, ließe ſich die Luft vermittelſt dieſes leeren Raums verdünnen, indem ſie aus andern Gefäßen in ſelbige träte, aus Glocken u. d. g. die man zu Verſuchen gebrauche.

Die zu dieſem Zwecke von ihm vorgeſchlagene Maſchine beſteht aus einer dichten meſſingenen Blaſe mit rundem Boden, welche drey mit Röhren und Hähnen verſehene Oefnungen hat. Durch das untere Rohr können mittelſt eines langen gekrümmten Zugrohrs Waſſerdämpfe aus einem auf Kohlen ſtehenden Theekeſſel in die Blaſe geleitet werden, welche die darin befindliche Luft durch das zweyte Rohr zur Seite austreiben. Das dritte Rohr am obern Theile der Blaſe geht in den Teller, auf welchem die Glocke ſteht. Die ganze Blaſe iſt mit einem dünnen meſſingenen Cylinder umgeben, welcher überall um $\frac{1}{4}$ Zoll von ihr abſteht, und oben offen bleibt. Während die Blaſe mit Dämpfen gefüllt wird, bleibt der Hahn nach der Glocke zu verſchloſſen, bis die Dämpfe anfangen, zum Seitenrohre herauszudringen. Alsdann verſchließt man die Hähne des untern und Seitenrohrs, gießt in den Cylinder kaltes Waſſer, bis daſſelbe aus einem im Boden befindlichen Loche eben ſo kalt wieder herauskommt, und ſo entſteht durch die Verdichtung der Dämpfe ein leerer Raum in der Blaſe. Oefnet man nun den Hahn, der zur Glocke führet, ſo verbreitet ſich die unter ihr befindliche

liche Luft mit durch die Blaſe, und man kann ſie durch Wiederholung des Verfahrens immer mehr verdünnen. Herrn Wilke gelang es, durch eine ganz leicht gebaute und nicht große Maſchine dieſer Art die Luft 130 mal zu verdünnen.

Das Geſetz, nach welchem ſich die Luft ausbreitet, und verdichtet, welches von Mariotte das Mariottiſche Geſetz genannt wird, ſchien aus einigen Beobachtungen des Maraldi Zweifeln unterworfen zu ſeyn; allein Bouguer n) hat in Amerika durch viele mit ſeiner Reiſegeſellſchaft wiederholte Verſuche, ſelbſt auf den höchſten Bergen, und bey ſehr ſtarken Verdünnungen der Luft das Mariottiſche Geſetz allemal richtig gefunden.

Ob aber dieſes Geſetz bey allen möglichen Graden der Verdünnung und Verdichtung der Luft ſtatt finde, iſt wenigſtens durch Erfahrung nicht ausgemacht. Ueberhaupt iſt es unbekannt, wie weit ſich die Luft verdünnen und verdichten laſſe. Muſſchenbroek o) berichtet, daß ſich das Waſſer in einem abgekürzten Waſſerbarometer unter dem verdünnten Raume der Luftpumpe beynahe völlig niederbringen laſſe, welches eine Luft, die mehr als 4000 mal verdünnt wäre, anzeigen würde. Allein der Abt Nollet p) führt an, daß die beſte Luftpumpe das Queckſilber nicht tiefer, als ohngefähr eine Linie, bringen, und folglich die Luft nur etwa 300 mal verdünnen könne. Dagegen verſichert Smeaton q), er habe mit Hülfe ſeiner Birnprobe gefun-

n) Sur les dilatations de l'air dans l'atmoſphère in den Mémoir. de Paris. 1753.

o) Introd. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 867.

p) Leçons de phyſ. exper. Tom. III. p. 225.

q) Philoſoph. Tranſact. Vol. XLVII. art. 69.

gefunden, daß ſeine Luftpumpe, wenn ſie rein zuſammengeſetzt worden ſey, die Luft ordentlich ohngefähr 1000 mal verdünne. Die Feuchtigkeit aber, die in den Stiefel und in andre innere Theile mit hineindringe, wenn man die Luft hineinlaſſe, werde bey den folgenden Verſuchen mit dem Oele, das zum Einſchmieren dieſer Theile nöthig ſey, durchgearbeitet, und mache bald alles ſo ſchlammicht, daß die Pumpe auf eine ſo zarte flüſſige Materie, als die Luft ſey, in der vorerwähnten ſtarken Ausdehnung nicht mehr wirke; doch habe es ſelten gefehlt, daß dieſe Wirkung nicht ſo weit gegangen ſey, die Luft 500 mal zu verdünnen, obgleich die Luftpumpe verſchiedene Monate nach einander ungereinigt gebraucht worden war.

Was die condenſirte Luft betrifft, ſo wollte Sulzer [r]) aus Verſuchen gefunden haben, daß das Mariottiſche Geſetz bey einer ſieben bis acht mal dichten Luft, als die Atmoſphäre iſt, beträchtlich abweiche. Winkler [s]) hingegen hatte dies Geſetz noch beym achtfachen Drucke richtig befunden. Allgemeine Unterſuchungen über das noch unbekannte Geſetz der Dichtigkeit der Luft bey ſtarken Zuſammenpreſſungen haben d'Alembert [t]) und Euler [u]) angeſtellt.

Ueberhaupt aber haben die Schwierigkeiten, welche damit verbunden ſind, wenn man recht ſtark verdichte-

r) Nouv. eſſai ſur la meſure des hauteurs par le moyen du baromètre in den Mémoir. de Pruſſe. 1753. p. 114. ſqq. überſ. im alten Hamb. Magaz. B. 17. St. 6.

s) Unterſuchungen der Natur und Kunſt. Leipz. 1765. 8. Abh. II. S. 98.

t) Traité des fluides. liv. I. ch. VI.

u) Tentam. explicat. phaenom. aeris §. 22. ſqq. in Comment. Petrop. Tom. II. imgl. Erläuterte Artillerie S. 85. 95.

dichtete Luft zuwege bringen will, bisher nicht verſtattet, entſcheidende Verſuche darüber anzuſtellen: wie weit ſich die Luft durch uns bekannte Kräfte der Natur zuſammenpreſſen laſſe, und ob es hier eine Grenze gebe, die man ſchlechthin nicht überſchreiten könne? Hales v) hat vermittelſt einer Preſſe eine 38 mal dichtere Luft, als die Atmoſphäre iſt, zu Stande gebracht. Er nahm eine 4,006 Zoll lange und 0,016 Zoll im Durchmeſſer weite Röhre, ſchmolz ſie an dem einen Ende zu, und ſetzte das offene Ende in eine kleine Phiole, worin etwas Queckſilber mit ein wenig blau gefärbtem Terpentingeiſt war: die Phiole mit der Röhre ſetzte er hernach in eine große eiſerne vorher mit Waſſer gefüllte Bombe, deren Oefnung mit einem aus Stechpalmenholz verfertigten und mit Kitt aus Wachs und Terpentinöl beſtrichenen Zapfen verſchloſſen wurde. Hierauf ward der Zapfen vermittelſt einer Preſſe mit Gewalt in die Bombe hinein gedruckt, ſo lange bis das Waſſer durch den Zapfen durchdrang; und da nunmehr die Phiole mit dem Zapfen herausgenommen war, ſo fand man die gläſerne Röhre inwendig ſo weit gefärbt bis auf ein Stückchen am zugeſchmolzenen Ende von 0,012 eines Zolles, und bis in dieſen kleinen Raum war alſo die Luft zuſammengepreßt geweſen. Die Zahl, welche anzeigt, wie vielmal die zuſammengepreßte Luft dichter als die natürliche geweſen ſey, giebt Hales auf 38,44 an. Wie er dieſe Zahl gefunden, hat er nicht genau angeführt. Um eine noch ſtärker verdichtete Luft zu Stande zu bringen, brachte Hales die vorige mit Waſſer gefüllte Bombe, nachdem vorher die Phiole mit der Röhre wie zuvor hineingeſetzt war, bey recht ſtarkem Froſtwetter unter die Preſſe. Er bedeckte hier-

v) Statique des vegetaux et analyſe de l'air, trad. de l'Anglois p. *Buffon* Par. 1735. append. p. 389. ſqq.

hierauf die Bombe mit einer großen Menge zerriebenen Eiſes, welches mit einem Drittheil Meerſalz vermiſcht war. Kurze Zeit nachher zerſprengte die davon entſtandene große Kälte nicht allein die Bombe, ſondern auch die eingeſchloſſene Phiole mit der Röhre, und innerhalb der Bombe befand ſich eine Eisrinde von $\frac{3}{4}$ Zoll Dicke. Auf ſolche Art konnte er die Größe des Raums, worin die Luft zuſammengepreßt worden war, nicht unmittelbar meſſen, und er ſuchte ihn daher durch Rechnung ſo zu beſtimmen. Er berechnet die Gewalt, welche nöthig geweſen iſt, die Bombe zu zerſprengen, und nimmt an, die eingeſchloſſene Luft ſey mit eben der Gewalt zuſammengepreßt geweſen; jene Gewalt findet er 1837 mal größer, als den natürlichen Druck der Atmoſphäre, und ſchließt daraus, die Luft in der Röhre ſey in einen 1838 mal kleinern Raum gepreßt geweſen. Karſten [w]) bemerkt aber bey dieſem Verſuche, daß ſich dagegen noch ſehr vieles mit Grunde einwenden laſſe. Geſetzt auch, ſagt er, daß die Luft in der kleinen Glasröhre wirklich einem ſo ſtarken Drucke ausgeſetzt geweſen ſey, als die Rechnung annehme, ſo wiſſe man ja, daß das Mariottiſche Geſetz der Elaſticität der Luft bey ſtarken Zuſammenpreſſungen gewiß nicht mehr gelte. Es folge daher nicht, wenn die Luft einem ohngefähr 1500 mal größern Drucke ausgeſetzt geweſen ſey, als die Atmoſphäre, ſo ſey ſie auch 1500 mal dichter geweſen, als die Atmoſphäre ſey. Ueberdem führt er an, daß nach Halley's Bericht aus Erfahrungen, welche zu London und von der Academie del Cimento angeſtellt ſind, geſchloſſen worden, daß keine Kraft vermögend ſey, die Luft 800 mal dichter zu machen, als die Atmoſphäre ſey. Halley habe zwar

w) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. B. VI. Pnevmatik. Abſchn. VII. §. 151.

zwar die Erfahrungen und Verſuche ſelbſt nicht erzählt; deswegen auch Amontons x) noch zweifele, ob man dieſe Grenzen anzunehmen berechtiget ſey; allein ſie könnten doch ihre Richtigkeit haben. Daher meine er, daß der Haleſiſche Verſuch gar nicht zu gebrauchen ſey, um darzuthun, daß die Luft einer ſo ſtarken Zuſammenpreſſung fähig ſey.

Die Verſuche, aus welchen der eben angeführte Sulzer folgerte, daß das Mariottiſche Geſetz ſchon bey einer achtfachen Verdichtung der Luft nicht mehr ſtatt finde, ſind folgende:

Er nahm ein halb Dutzend gläſerne hinlänglich weite Röhren, um die Adhärenz des Queckſilbers an der innern Fläche der Röhre unmerklich zu machen. Dieſe Röhren ließ er mit Hülfe meſſingener Hülſen an einander ſetzen, und mit Siegellack in einander kitten, um aus allen eine einzige lange Röhre zu erhalten, die zu dieſer Abſicht eben ſo gut war, als wenn ſie aus einem Stück geweſen wäre. Als er das Ende dieſer Röhre umgebogen hatte, ließ er auf eben die Art, wie vorhin, eine weitere Röhre, welche Einen Fuß Länge hatte, daran ſetzen, und machte dieſe mit der langen Röhre parallel. Oben an der weiten Röhre war ein Röhrchen mit einer ſehr engen Oefnung befeſtigt. Dieſen ſo zubereiteten Apparat befeſtigte er an einem Stücke Holz in vertikaler Richtung. Vorher aber war die Röhre genau in Zolle eingetheilt. Hierauf wurde nun in die lange Röhre etwas Queckſilber eingegoſſen, welches unten einen gewiſſen Raum einnahm, um eine Horizontallinie zu erhalten, von welcher die Höhen in beyden Röhren angerechnet werden konnten.

Zu

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. 1702.

Zu dieſer Abſicht wurde das kleine Röhrchen, welches an der weitern Röhre befeſtigt war, ſo lange offen gelaſſen, damit die Luft dadurch ausweichen konnte, indem das Queckſilber eingegoſſen wurde. Hierauf wurde aber die Oefnung dieſes kleinen Röhrchens mit Siegellack verſchloſſen, und neben der weitern Röhre ein Fahrenheitſches Thermometer aufgehängt, um die Wärme während des Verſuchs beobachten zu können. Der ganze Verſuch ward in freyer Luft angeſtellt, und gab folgende Reſultate nach Rheinländiſchem Maaße:

Höhe des Barometers	Zuſtand des Thermometers	Höhe des Queckſ. in der langen Röhre	Raum, den die Luft eingenommen hatte
24,56 Zoll	70 Grad	0,00 Zoll	11,00 Zoll
	70 -	2,30 -	10,00 -
	70 -	5,18 -	9,00 -
	70 -	7,00 -	8,00 -
	70½ -	13,75 -	7,00 -
	70¾ -	16,43 -	6,50 -
	71 -	19,57 -	6,00 -
	71 -	23,55 -	5,50 -
	70½ -	28,00 -	4,85 -
	71 -	33,79 -	4,50 -
	71 -	48,60 -	3,50 -
	72 -	59,77 -	3,00 -
	72½ -	66,50 -	2,75 -
	73 -	74,60 -	2,50 -
	73½ -	84,50 -	2,25 -
	74 -	96,40 -	2,00 -
24,48 Zoll	73 -	111,15 -	1,87 -

Nach dieſen Verſuchen ließ Sulzer alles in dem Zuſtande, welchen die letzten Zahlen anzeigen, während 5 Stunden. Nachdem er hierauf die Beſchaf-

ſchaffenheit der Röhre unterſuchte, nahm er wahr, daß die Sonne indeſſen das Thermometer bis auf 81 Grade getrieben hatte. Die Queckſilberſäule in der langen Röhre war ohngefähr um 4 Zoll geſtiegen, und die zuſammengedruckte Luft hatte wegen des Hinzukommens dieſer neuen Wärme die Oberfläche des Queckſilbers platt gedruckt; indeſſen nahm daſſelbe doch noch den vorigen Raum bis auf 1,87 Zolle ein. Dieſer Umſtand verſicherte ihn, daß die Röhren keine Luft und kein Queckſilber durchgelaſſen hatten; zu gleicher Zeit konnte er daraus erſehen, daß die kleine Veränderung des Thermometers während des Verſuchs keinen merklichen Einfluß haben könnte, die Höhen des Queckſilbers in beyden Röhren zu ändern.

Eben ſo ſtellte Sulzer hernach einen zweyten, und einige Zeit darauf einen dritten Verſuch an. Den Erfolg aller drey Verſuche bringt er in eine einzige Tabelle zuſammen, in welcher er zugleich zu den Säulen des preſſenden Queckſilbers die damaligen Barometerhöhen hinzugefügt hat, um den geſammten Druck zu erhalten. Während ſeines erſten Verſuchs war das Barometer um 0,08 gefallen, und dieſe hat er auch nach und nach davon abgezogen; deßwegen hat er auch eine Reduction der Zahlen auf andre vorgenommen, um eine gewiſſe Einheit, ſo wohl für die Höhe des Barometers, als auch für den Raum, welchen die Luft vor der Preſſung eingenommen hatte, feſtzuſetzen.

Tafel,

Tafel, welche die Dichtigkeiten der Luft für beſtimmte comprimirende Gewichte anzeigt.

1. Erfahrung.		2. Erfahrung.		3. Erfahrung.	
comprimirende Gewichte	Dichtigkeiten	comprimirende Gewichte	Dichtigkeiten	comprimirende Gewichte	Dichtigkeiten
1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
1,093	1,100	1,224	1,236	1,076	1,091
1,211	1,222	1,288	1,294	1,183	1,200
1,284	1,375	1,332	1,375	1,303	1,333
1,559	1,571	1,417	1,466	1,472	1,500
1,669	1,692	1,515	1,571	1,695	1,714
1,796	1,833	1,647	1,692	1,900	2,000
1,958	2,000	1,802	1,894	2,241	2,400
2,130	2,288	1,964	2,000	2,793	3 000
2,375	2,444	2,392	2,444	3,631	4,000
2,936	3,143	2,693	2,750	5,297	6,000
3,391	3,666	3,078	3,143	6,835	8,000
3,706	4,000	3,575	3,666		
4,035	4,444	4,320	4,444		
4,438	4,888	5,096	5,500		
4,922	5,500	6,694	7,333		
5,522	5,882				

Die Reſultate dieſer drey Verſuche ſtimmen nicht vollkommen zuſammen, worüber man nach Sulzern ſich nicht wundern dürfe, weil der geringſte Fehler in der Schäzung des Drucks der Luft einen merklichen Fehler in Anſehung der Queckſilberhöhe in der langen Röhre hervorbringe. Sulzer bemerkt, daß die dritte Erfahrung am ſicherſten iſt. Auſſerdem hatte er ein Mittel gefunden, den Apparat in dem unterſten Stockwerke ſeines Hauſes ſo anzubringen, daß das obere Ende deſſelben bis zur erſten Etage reichte. Auf ſolche Art konnte er ſehr genau die Höhe des Queckſilbers in der weiten Röhre bemerken, und der Gehülfe

bey dieſem Verſuche konnte eben ſo bequem gerade ſo viel Queckſilber nachgießen, als Sulzer verlangte. Ueberdem machte die immer gleiche Temperatur des untern Stockwerks, daß während der ganzen Zeit des Verſuchs einerley Wärmegrad blieb.

Aus dieſen Beobachtungen ſchließt Sulzer: 1. daß die Dichtigkeit der Luft immer größer iſt, als die druckende Kraft, 2. daß der Ueberſchuß der Dichtigkeit über die druckende Kraft zunimmt, je dichter die Luft iſt. Um alſo das Geſetz der Zuſammendruckung der Luft auszudrucken, nennt Sulzer die druckende Kraft P, und die dazu gehörige Dichtigkeit der Luft D; dies Geſetz iſt alſo $D = P^{\pi}$, wo der Exponent π eine Funktion von P iſt.

Vermiſchte Bemerkungen und Erfindungen.

Nach welchem Geſetze die Wärme auf die Ausdehnung der Luft wirke, hatte Amontons mittelſt ſeines Luftthermometers zu unterſuchen angefangen. (Th. II. S. 468.). Er hatte bemerkt, daß die Luft bey der temperirten Wärme und der Siedhitze des Waſſers in Anſehung ihrer Elaſticität ſich wie 3 : 4 verhalte. Daniel Bernoulli [y]) hat dieſen Gegenſtand weiter verfolgt, und angeführt, daß ſeinen Verſuchen zu Folge in den Gegenden um Petersburg die Elaſticität der wärmſten Luft noch nicht ſo groß ſey, als Amontons der temperirten Luft zugeſchrieben habe. Er glaubt, daß ſeinen Erfahrungen mehr Glauben beygemeſſen werden könne, als denen des Amontons, weil bey dieſen das Volumen der Luft nicht einerley geblieben wäre, und Amontons die Veränderungen deſſelben nicht mit in Rechnung gebracht hätte. Er fand,

y) Hydrodynamica ſect. X. §. 7. ſqq.

fand, daß ſich die Elaſticitäten der Luft bey der Siedhitze des Waſſers, bey der größten Sommerhitze und bey der größten Kälte in den Gegenden um Petersburg wie 6, 4, 3 verhielten. Seine Verſuche, aus welchen er dieſe Reſultate ſchloß, ſind folgende. Er nahm ein gewöhnliches Barometer (fig. 42.) acbe, und verſchloß die Oefnung m hermetiſch; auf ſolche Art verwandelte er dies Werkzeug in ein Luftthermometer, das den Barometerveränderungen nicht unterworfen war. Wenn alſo die Wärme zunimmt, ſo dehnt ſich die in dem Raume amf eingeſchloſſene Luft aus, und treibt das Queckſilber in den Schenkel bd weiter hinauf; könnte man nun ohne merklichen Fehler den Raum amf als unendlich annehmen, ſo würde die Wärme im Verhältniß der Höhe bd ſeyn, und es ließe ſich mit Hülfe dieſes Werkzeugs das Maas der ſpecifiſchen Wärme beſtimmen. Denn wenn es in vertikaler Stellung in ſiedendes Regenwaſſer eingetaucht und der Punkt g, an welchen das Queckſilber aufſteigt, bemerkt würde, und nachher irgend ein anderer Wärmegrad beſtimmt werden ſollte, welcher das Queckſilber bis auf den Punkt d erhalten könnte, ſo wird ſich dieſer Wärmegrad zu dem des ſiedenden Waſſers wie bd : bg verhalten. Und da das Verhältniß bd zu bg beſtändig iſt, ſo hoch auch bg ſeyn mag, ſo wird auch derjenige Wärmegrad, von welchem jetzt die Rede iſt, allenthalben unveränderlich ſeyn. Nun kann man bg in 100 oder 1000 Theile eintheilen, und folglich die Höhe bd in ſolchen Theilen beſtimmen. Bernoulli bemerkt, daß die Höhe be nicht unter 4 Fuß ſeyn könne. Bey dieſer Betrachtung iſt voraus geſetzt worden, daß man den Raum amf im Verhältniſſe mit dem Raume dg oder de als unendlich anſehen kann. Da dies aber in vielen andern Fällen ohne beträchtliche Fehler

nicht anzunehmen verſtattet iſt, ſo giebt Bernoulli, um bey jeder verſchiedenen Wärme die eingeſchloſſene Luft genau in einem Raume von einerley Größe zu erhalten, folgende Einrichtung an: Wenn nämlich der Punkt g derjenige iſt, bey welchem die höchſte Fläche des Queckſilbers ſtehen bleibt, wenn das Werkzeug in vertikaler Stellung in ſiedendes Waſſer gebracht worden iſt, und es ſteht das Queckſilber bey geringerer Wärme unter g, etwa in d, ſo bringe man das Inſtrument in die geneigte Lage bk ſo lange, bis das Queckſilber, ſo im vertikalen Stande an g ſtand, wieder bis i gerucket, und bi = bg iſt; auf ſolche Art iſt i derſelbe Punkt, bey dem es im ſiedenden Waſſer in vertikaler Lage ſtand. Daher füllt nun auch die Luft in der Kugel gerade den Raum aus, den ſie im ſiedenden Waſſer ausfüllte; und wenn fh die erweiterte Oberfläche des Queckſilbers in der Kugel, ih aber auf ihr ſenkrecht iſt; ſo verhält ſich alsdann die Elaſticität der Luft bey derjenigen Wärme, welcher die Höhe hi zugehört, zu der Elaſticität der Luft bey der Siedhitze des Waſſers, wie ih : bg. Von dieſem Bernoulliſchen Luftthermometer ſoll unten noch einiges angeführt werden.

Weitere Unterſuchungen über die Ausdehnung der Luft durch die Wärme hat ferner Sulzer [z]) angeſtellt. Um hierinn etwas beſtimmtes feſtzuſetzen, nahm er eine hinreichende Menge Waſſers, welches ſeine Wärme, die größer als die Wärme der äußern Luft war, eine kurze Zeit ohne merkliche Veränderung behielt, und brachte es in ein Zimmer im niedrigſten Stock, in welchem das Fahrenheitſche Thermometer auf 57 Grad ſtand.

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin. 1753, p. 123. ſqq.

ſtand. In dieſes Waſſer tauchte er das Thermometer nebſt einer mit Luft gefüllten gläſernen Röhre, welche zwar unten verſchloſſen war, oben aber eine ſehr kleine Oefnung hatte. Durch vorhergehende Verſuche hatte er wahrgenommen, daß die Luft in der Röhre, wenn dieſe in das Waſſer getaucht war, in ſehr kurzer Zeit eben denſelben Wärmegrad erhielt, welchen das Waſſer dem Thermometer mitgetheilt hatte, und dies verſicherte ihn, daß die eingeſchloſſene Luft denſelben Grad hatte. Dieſen Grad bemerkte er beſonders, hielt die kleine Oefnung der Röhre zu, damit keine Luft hineinkommen konnte, indem er die Röhre aus dem Waſſer zog, und brachte dieſelbe nunmehr verkehrt in kaltes Waſſer, welches ſo wie die Luft den 57 Grad der Wärme beſaß. Nachdem alles bis auf dieſen Grad abgekühlt war, fand er, daß das Waſſer in die Röhre geſtiegen war, indem die Luft, die ſich nun wieder zuſammengezogen hatte, dem Waſſer Platz gemacht hatte. Dieſe Waſſermenge zeigte, wie viel Luft die Wärme vorher aus der Röhre getrieben hatte. Er wiederholte die Verſuche einigemal, und bringt diejenigen in folgende Tabelle, die er zu einer Zeit angeſtellt hatte, da der Barometerſtand unveränderlich geweſen war:

Wärmegrade nach Fahrenh.	Menge der ausgetriebenen Luft
144	0,172 der ganzen Maſſe
107	0,145
100	0,122
94	0,101
84	0,071
57	0,000

Hieraus erkannte Sulzer, daß die Verdünnung der Luft beynahe in arithmetiſcher Progreſſion fort-

ſchreite. Denn 57 Wärmegrade mehr, als die beſtändige Temperatur von 57 Graden, trieben 0,172 Theile Luft aus, und 50 Grade 0.145 Theile u. ſ. w. ſo, daß man ohngefähr für einen Grad dieſes Thermometers 0,0026 Theile ſetzen kann. Hiernach läßt ſich nun leicht der Anfang von dem 32ſten Grade ſtatt des angenommenen 57ſten Grades machen. Sulzer berechnete hieraus folgende Tabelle:

Grade der Wärme	Ausgetriebene Luft
100	0,1768
90	0,1508
80	0,1248
70	0,0988
60	0,0728
50	0,0468
40	0,0208
32	0,0000

Setzt man nun die Luft, welche eine Wärme von 32 Graden hat, = 1, ſo iſt die Dichtigkeit der Luft von 40° = 1 — 0,0208 = 0,9792. Die Dichtigkeit der Luft von 50 Grad. = 1 — 0,0468 = 0,9532 u. ſ. f. Nun nimmt Sulzer mit Bernoulli an, daß die Wärme der Dichtigkeit der Luft proportional ſey, und daraus ergab ſich folgende Tabelle:

Grade der Wärme	Verhältniß der Wärme
100	1,1768
90	1,1508
80	1,1248
70	1,0988
60	1,0728
50	1,0468
40	1,0208
32	1,0000

Lam-

Lambert a) erkannte ebenfalls, daß die Elaſticität der Luft nicht allein von der druckenden Laſt, ſondern auch von der Wärme abhange. Er ſagt ſehr ſinnreich: durch die Wärme werde die Elaſticität verſtärkt, und durch die Zuſammenpreſſung vergrößert. Durch den Druck nämlich bringe man mehr Lufttheile in einerley Raum, die bey einerley Wärme einerley Elaſticität beſitzen; durch die Wärme aber werde die Ausdehnungskraft eines jeden Lufttheilchen verſtärkt. Nachher unterſuchte Lambert b) mit Hülfe eines Amontonsſchen Luftthermometers, wie ſtark ſich die Luft durch die Wärme ausdehne. Aus vielen ſehr mühſamen Verſuchen fand er, daß ſich die Luft, wenn man ihr Volumen bey der Temperatur des thauenden Eiſes = 1000 ſetze, in der Siedhitze des Waſſers bis zum Volumen 1375 oder um $\frac{375}{1000}$ ausdehne; wofür er aber hernach die Zahl 1370 annimmt. Wofern alſo die Ausdehnung der Luft durch alle Wärmegrade gleichförmig erfolgt, welche Vorausſetzung von Allen in dieſem Zeitraume angenommen worden iſt, ſo würde nach der Lambert'ſchen Beſtimmung auf jeden Grad nach Fahrenheit 0,00205 kommen.

Herr de Lüc c) folgert aus ſeinen Beobachtungen: die Höhe einer Luftſäule ändere ſich, wenn die Temperatur $16\frac{3}{4}$ Grad nach Reaumür iſt, für jeden Grad Aenderung der Wärme um $\frac{1}{215}$. Wäre ſie nun bey der angegebenen Temperatur = 215, ſo würde ſie beym

a) Abhandl. von den Barometerhöhen und ihren Veränderungen §. 35 in den Abhandl. der churfürſtl. Bayerſch. Akademie der Wiſſenſch. B. III. Th. II. S. 89.

b) Pyrometrie. Berlin 1779. 4.

c) Recherches ſur les modificat. de l'atmoſph. T. II.

beym Froſtpunkte $= 198\frac{1}{4}$, beym Siedpunkte $= 278\frac{1}{4}$ ſeyn, und ſich von jenem bis zu dieſen um $\frac{80}{198\frac{1}{4}}$ d. i. um 403 Tauſendtheile ändern. Auf ſolche Art kämen auf jeden Fahrenh. Grad 2,23 Tauſendtheile.

Daß bey der Verdünnung der Luft unter der Luftpumpe Dämpfe aufſteigen, welche dem innern Raum in der Glocke ein trübes Anſehen geben, hatten bereits die erſten Erfinder der Luftpumpe wahrgenommen. Nach der Zeit hatten zwar Einige die Urſache von dieſer Erſcheinung aufzufinden geſucht, allein Nollet [d]) bemerkt, daß bisher noch kein einziger dieſelbe beſtimmt angegeben habe. Er ſelbſt, ſagt er, ſo wie vielleicht auch andere, habe leichtſinnig dieſe Dämpfe von der Feuchtigkeit der naſſen Leder, auf welche die Recipienten geſtürzt würden, um mit dem Teller der Luftpumpe genau anzuſchließen, hergeleitet, ohne näher zu unterſuchen, warum die Waſſertheilchen bey Gelegenheit einer verdünnten Luft ſich los machten und beſtimmt würden, ſich in die Höhe zu begeben. Nollet hat ſich daher Mühe gegeben, die wahre Urſache von dieſer Begebenheit aufzuſuchen. Er fand ſie aber wirklich nicht. Aus ſeinen Erfahrungen und Schlüſſen wird man ſehen, auf was für Irrwege der Geiſt geleitet werde, wenn ihm die erſten und einfachſten Naturerſcheinungen anſtößig ſind.

Zuerſt verfiel er auf die Idee, daß vielleicht die Luft, welche im Innern und auf der Oberfläche der Leder ſich befinde, bey der Verdünnung unter der Glocke ſich

d) Sur la vapeur, qu'on apperçoit dans le recipient d'une machine pnevmatique lorsqu'on commence à rarèfier l'air qu'il contient. in d. Mémoir. de Paris. 1740.

ſich los mache, und Waſſertheile mit ſich fortreiſſe. Allein bey genauerer Ueberlegung konnte er ſich daher nicht erklären, warum das Aufſteigen des Dampfes ohngefähr nur bey den erſten vier Zügen der Pumpe dauere, und bey größerer Verdünnung der Luft gänzlich aufhöre. Ueberdem fand dieſelbe Erſcheinung ſtatt, als er die Glocke auf dem Teller der Pumpe mit etwas weichem Wachſe befeſtigte, ohne die geringſte Feuchtigkeit dabey zu gebrauchen. Daher glaubte er, daß dieſe Art von Dampf, der ſich bey der Verdünnung der Luft zeigt, aus kleinen fremden Körperchen beſtehe, welche in der Luft, die der Recipient enthalte, verbreitet ſeyen. Seine Meynung gründet er auf zwey Arten von Erfahrungen. Die erſte verſicherte ihm, daß dieſer Dampf weder durch Feuchtigkeit des Gefäßes, noch durch die der ebenen Fläche des Tellers, worauf jenes geſtellt wird, herrühre; und die andere Art von Erfahrungen gab ihm Grund genug zu glauben, daß der Dampf weiter nichts ſey, als eine Vereinigung von fremden Körperchen, womit die atmoſphäriſche Luft beladen iſt.

Eine Erfahrung von der erſten Art iſt dieſe: er brachte zwey kryſtallene Gefäße vermittelſt einer kupfernen Röhre, welche einen Hahn beſaß, mit einander in Verbindung; der Hahn war doppelt durchbohrt, theils um die innern Räume beyder Gefäße in eine Verbindung zu bringen, theils um äußere Luft in das eine Gefäß einzulaſſen, ohne daß dergleichen ins andere Gefäß käme. Hierauf zog er aus dem einen Gefäße, das wie eine Glocke geformt war, die Luft heraus, ſo weit es angehen wollte, öfnete hiernächſt ſchnell den Hahn, um dadurch eine Gemeinſchaft des innern Raums in dem andern Gefäße mit dem des ausgeleerten

zu erhalten; hier ſahe er augenblicklich den Dampf in dem andern Gefäße; und es war unmöglich zu glauben, daß ſich die Feuchtigkeit der naſſen Leder ſo geſchwind erheben konnte. Ueberdem zeigte ſich, wenn die Verbindungsröhre während des Ganges der Luftpumpe offen war, daß in demjenigen Gefäße, welches nicht unmittelbar auf dem naſſen Leder ſtand, und dem innern Raume nach kleiner, als das Glockenförmige auf dem Teller befindliche Gefäß war, oft weit eher Dampf zum Vorſchein kam, als im leztern. Hieraus ſchloß nun Nollet, daß der Dampf nicht von der untern Fläche aufſteigen könne, und die Urſache deſſelben unmöglich in der Feuchtigkeit des naſſen Leders zu ſuchen ſey. Da es aber doch eine Urſache geben müſſe, ſo ſchließt er weiter, müſſe dieſe entweder in der Luft, die im Recipienten eingeſchloſſen wäre, ſelbſt enthalten ſeyn, oder ſie müßte in fremdartigen Körperchen liegen, die die eingeſchloſſene Luft zerſtreuet enthielte. Daß aber die Luft für ſich betrachtet nicht den Grund dieſer Erſcheinung enthalten könne, bewieſen folgende Gründe:

1. Man wiſſe, daß die Theile der condenſirteſten Luft nicht ſichtbar wären; wie könnte dies aber ſtatt finden, wenn die Luft viel verdünnter wäre, als in ihrem ordentlichen Zuſtande?

2. Dieſer Dampf ſey in demſelben Recipienten zu verſchiedenen Zeiten und an verſchiedenen Orten nicht der nämliche, wenn gleich Barometer und Thermometer gleich hoch ſtünden.

3. Sey es leicht, wahrzunehmen, daß dieſe Art von Thau in dem Augenblicke, da er erſcheine, ſich gegen die Mitte der Gefäße concentrire, und zwiſchen den Wänden und ihm einen durchſcheinenden Raum laſſe.

Wä=

Wären dies aber Zeichen einer ausdehnenden Maſſe?

4. Die Bewegungen des Dampfes, der im Recipienten herum wirbele und ſich niederſchlage, ſtimme nicht mit der Ausbreitung der Luft überein, vermöge welcher ſich ihre Theile nach allen Richtungen hin ausdehnen.

Hieraus ſchon und aus noch einigen andern Erfahrungen ſchloß Nollet, daß der angeführte Dampf als eine Vereinigung der in der Luft befindlichen fremdartigen Theile anzuſehen wäre.

Zuletzt bemerkt Nollet noch, daß ſeine angeführten Erfahrungen auf eine neue Methode leiten könnten, die fremdartigen Materien, welche in der Atmoſphäre zerſtreuet wären, genau zu beobachten. Wenn man das Verfahren abändere, ſo könnte man vielleicht ein Mittel finden, über die Eigenſchaften der Dünſte, womit die Atmoſphäre beladen iſt, mit einiger Gewißheit zu urtheilen.

Hawksbee hatte gegen Roberval behauptet, daß die zuſammengedruckte Luft von ihrer Elaſticität nach und nach verliere. Allein Muſſchenbroek [e]) hat einen entſcheidenden Verſuch hierüber angeſtellt. Er preßte Luft in einer Glasröhre mit zwey Schenkeln durch Queckſilber zuſammen, wie fig. 43, ſchmolz alsdann das Ende a zu, fand aber fünf Jahre hindurch den Raum cf, welchen die zuſammengedruckte Luft einnahm, bey gleicher Wärme beſtändig gleich groß; ein Zeichen, daß dieſe Luft nicht das mindeſte von ihrer Elaſticität verlohr.

Daß

e) Introduct. ad philoſ. natur. T. II. §. 2161.

Daß überhaupt die Wirkung einer mäßig zuſammengedruckten Luft außerordentlich groß iſt, haben bereits die erſten Erfinder der Luftpumpe durch mancherley Vorrichtungen, beſonders durch Windbüchſen, gezeigt. Mit den letztern haben in dieſem Zeitraume theoretiſche Unterſuchungen Muſſchenbroek f) und Nollet g) angeſtellt. Umſtändlicher wird aber ihre Theorie von Karſten h) abgehandelt. Nollet will zwar nicht viel von den Windbüchſen halten, weil ſie ſeiner Meynung nach wegen der Schwierigkeit, ſie recht dauerhaft zu verfertigen, bey weitem nicht ſo bequem und ſicher zum Gebrauche wären, als andere Schießgewehre, und überdem wegen des geringen Geräuſches beym Losgehen gemisbraucht werden könnten; allein Karſten erwiedert dagegen ganz richtig, daß der letzte Grund nicht viel ſagen wolle, weil ſehr viele andere an ſich gute und nützliche Sachen dem Misbrauche unterworfen wären; und was das übrige betreffe, ſo werde es wohl hauptſächlich auf die Geſchicklichkeit des Künſtlers, der ſie verfertige, ankommen. Er trage die Unterſuchung darüber theils um deswillen vor, weil es ſchon an ſich angenehm und nützlich ſey, zu wiſſen, was die Kunſt ausrichten könne, wenn ſie ſich der Kräfte der Natur geſchickt zu bedienen wiſſe; theils auch um deswillen, weil es eine gute Vorbereitung zur Theorie der Feuergewehre und anderer im Kriege üblicher Geſchütze ſeyn werde.

Karſten

f) Introduct. ad philoſ. natur. T. II. §. 2111. ſqq.

g) Leçons de phyſ. experim. T. III. lec. X. ſect. I. ch. 7.

h) Lehrbegr. der geſammt. Mathemat. Th. VI. Pnevmat. Abſchn. VIII.

Karſten nimmt nach Regnault[i]) an, daß ſich die Luft in Windbüchſen wohl 100 mal dichter machen laſſe, als die natürliche iſt, und berechnet, daß eine Bleykugel von ⅜ Zoll im Durchmeſſer in einem Laufe von 4 Fuß Länge dadurch mit einer Geſchwindigkeit abgeſchoſſen werde, welche in der erſten Secunde 654 Fuß beträgt, und womit die Kugel vertikal aufwärts geſchoſſen 7088 Fuß hoch ſteigen würde. Bey dieſer Berechnung iſt aber vorausgeſetzt worden, daß der Schuß im leeren Mittel geſchehe, und folglich kein Widerſtand gegen die Kugel wirke.

Von 1676 bis 1755 hatte der Gedanke, ſich in die Luft zu erheben, weiter keine Vertheidiger gefunden, vielmehr glaubte man, daß die Ausführung der gethanen Vorſchläge ganz unmöglich ſey. In dem Jahre 1755 aber erneuerte der Dominikaner Joſeph Galleni den Gedanken zur Luftſchifferey. Seine Aufgabe beſtand vorzüglich darin, ein Schiff zu erbauen, um auf ſelbigem in der Luft zu ſegeln, und nach Belieben eine zahlreiche Armee mit aller nöthigen Ammunition mit zu nehmen. In der Wahl der Hülle war er vorſichtiger als ſeine Vorgänger. Er wollte nämlich haben, daß dieſe aus derber Leinwand mit Wachs oder Theer beſtrichen, dieſe alsdann mit Leder überzogen, und hie und da mit Seilwerk befeſtigt werden ſollte. Uebrigens meinte er, daß ſein Vorſchlag alsdann ausführbar wäre, wenn die Maſchine mit einer Luft angefüllt wäre, die ein ſpecifiſch leichteres Gewicht hätte, als die in untern Regionen befindliche atmoſphäriſche Luft. Seinen Gedanken nach ſollte die Luft über der Region

i) Entretiens phyſiques. T. I. p. 29.

k) L'art de naviger dans l'air, amuſement phyſique et géometrique précedé d'un mémoir. ſur la nature et la format. de la grèle. à Avign. 1755.

Region des Hagels dieſe Eigenſchaft haben. Es kam alſo darauf an, erſt das Schiff dahin zu verſetzen, wo es alsdann, wie ein Schiff auf der See, fortſchwimmen würde. Dies aber auszuführen wußte er ſo wenig wie ſeine Vorgänger, und es blieb daher ſeine Aufgabe eine bloße ſinnreiche Idee, ſo wie er ſie für weiter nichts, als eine mathematiſche Uebung ausgiebt.

Bewegung der Luft.

Schon lange hatte man erkannt, daß die Bewegung der Luft in unſerer Atmoſphäre gewiſſen unveränderlichen Geſetzen unterworfen seyn müſſe, und daß es blos von hinreichenden Beobachtungen abhange, um zu beſtimmen, auf welche Art und unter welchen Umſtänden dieſe Geſetze eine Abänderung erleiden. Man ſahe ganz richtig ein, daß vorzüglich Localumſtände den regelmäßigen Luftſtrom auf gar mannigfaltige Art ändern können. Bisher hatte man die Einwirkung der Sonnenwärme und die Umdrehung der Erde um ihre Axe als die vorzüglichſten Urſachen der beſtändigen und unbeſtändigen Winde angenommen, und beſonders Halley hatte blos aus der Sonnenwärme und aus den verſchiedenen Stellungen der Sonne nach den Jahreszeiten mit Rückſicht auf Localumſtände die beſtändigen Winde in der heißen Zone zwiſchen den Wendekreiſen, und die Paſſatwinde oder Moſſons, hergeleitet. Halley's Erklärung fand damals vielen Beyfall; indeſſen zweifelten doch einige, daß ſie ein völliges Genüge leiſte. Um nun dieſe Sache etwas näher zu unterſuchen, und beſonders, wo möglich, eine allgemeine Theorie der Winde aufzufinden, gab die königlich Preußiſche Akademie der Wiſſenſchaften zu Berlin für das Jahr 1746 folgende Preisaufgabe auf: das Geſetz zu beſtimmen, welches der Wind befolgen müſſe,

wenn

wenn die Erde allenthalben mit Waſſer umgeben wäre, ſo daß man für jeden gegebenen Ort der Erde zu jeder Zeit die Geſchwindigkeit und Richtung des Luftſtroms vorher ſagen könne. D'Alembert erhielt den Preis. Seine Schrift [l]) enthält eine Menge ſchätzbarer Untersuchungen, welche tiefe Kenntniſſe in der Mathematik beweiſen; allein phyſiſch betrachtet enthalten ſie das bey weitem nicht, was eigentlich ausgemacht werden ſollte. Seine Erklärung beruhet blos auf mechaniſchen Gründen. Die Meynung derer, welche den beſtändigen Luftſtrom von Oſten nach Weſten in der heißen Zone von der Sonnenwärme herleiten, nennt er unbeſtimmt, und verwirft ſie gänzlich; er ſucht vielmehr dieſen Luftſtrom aus der Anziehung der Sonne und des Mondes auf unſere Atmoſphäre abzuleiten, und alle übrige Urſachen gänzlich zu verwerfen. Bey dieſer Gelegenheit unterſucht auch d'Alembert die Frage: ob durch ſolche Schwingungen der Atmoſphäre der Barometerſtand einige Veränderung erleiden müſſe? allein er zeigt, daß dieſe Luftfluth viel zu gering ſey, um je durch eine Barometerveränderung bemerklich zu werden.

Wargentin [m]) hält dafür, daß beydes, Sonnenwärme und d'Alemberts Luftfluth, die eigentlichen Urſachen des beſtändigen Oſtwindes ausmachen. Beym geringſten Nachdenken finde man, daß dieſe allgemeinen Urſachen des beſtändigen Oſtwindes die größte Wirkung zunächſt bey der Linie, immer kleinere und kleinere aber näher nach den Polen zu haben müßten.

Bey

l) Reflexions ſur la cauſe generale des vents, pièçe, qui a remporté le prix par l'Acad. roy. de Pruſſe pour l'an. 1746. à Berl. 1747.

m) Kurze Anmerk. vom Winde in den ſchwed. Abhandl. B. XXIV. 1762. S. 173.

Bey 30 Graden von der Linie ſey ihre Wirkung ſchon ſo ſchwach, daß ſie oft von andern Urſachen überwältigt werde, welche die Bewegung der Luft nicht nach einer gewiſſen Weltgegend richteten; daher würden die Winde daſelbſt unbeſtändig. Doch ſey zu vermuthen, daß, wenn die Erde überall mit Waſſer bedeckt wäre, in der nördlichen Halbkugel nordoſtlich oder nordlicher Wind, und in der ſüdlichen ſüdöſtlicher und ſüdlicher allezeit die Oberhand haben, oder öfter, als andere blaſen würden. Allein auf dem feſten Lande, ſelbſt unter der Linie, ſeyen die Winde unbeſtändig, und faſt täglich veränderlich. Im indiſchen Meere, ob die Linie gleich dadurch ſtreiche, ſey doch der Südoſtwind ſonſt an keinen Stellen beſtändig, als zwiſchen dem Eylande Madagaſcar und Neuholland, unter 10 Grad ſüdlicher Breite und darüber bis 30 Grad. Näher unter der Linie, in demſelben Meere, welches auch den aſiatiſchen Küſten und Inſeln näher ſey, wehe der Südoſtwind nur ſechs Monate jedes Jahr, vom May an, ſolchen mitgerechnet; aber die übrigen ſechs Monate regiere ein Nordweſtwind u. ſ. w.

Was die unbeſtändigen Winde betrift, ſo theilt Muſſchenbroek [n]) die Urſachen derſelben in vier Claſſen, je nachdem ſie ſich unter der Erde, auf der Erdfläche, in der Atmoſphäre, oder endlich über derſelben befinden. Viele Beobachtungen zeugen von unterirdiſchen Winden, welche aus den ſo genannten Aeolushöhlen hervorbrechen. Als Urſachen ſolcher Winde giebt er ungleiche Erwärmung und Erkältung in communicirenden Gängen, Wind durch einen Fall des Waſſers veranlaßt, unterirdiſches Feuer, Erdbeben, Durchſtreichen des äuſſern Windes durch Gänge der Erde

n) Introd. ad. philoſ. natur. T. II. §. 2604 ſqq.

Erde u. ſ. f. Dergleichen Winde brächen bisweilen aus dem Meergrunde hervor, und verurſachten ein Wallen und Brauſen des Waſſers. Auf der Erdfläche gebe es beynahe unzählbare Umſtände, welche die Luft in Bewegung verſetzen könnten, die Wellen des Meeres, der Fluth und großer Stürme, aufſteigende Dünſte, ſtarke Feuer und Explosionen, das Schmelzen des Schnees, der Fall der Körper, z. B. bey den Schneelavinen in den Alpen, die Gährung und Fäulniß der Körper durch die Menge entwickelter elaſtiſcher Materie u. ſ. f. Im Luftkreiſe ſey unſtreitig der Sitz der vornehmſten Urſachen, nämlich die Verdichtung und Verdünnung der Luft durch Kälte und Wärme, durch Aufſteigen der Dünſte und Herabfallen des Regens, durch Erweiterung und Zuſammendruckung der Wolken, ferner die Luftelektricität, die Erkältung der Luftſäulen durch den Schatten der Wolken, und das Aufbrauſen verſchiedener einander begegnender Ausdünſtungen, wodurch elaſtiſche Materie erzeugt werde, endlich der Blitz, indem er die Luft aus der Stelle treibe, und andere veranlaſſe, ſich in den leeren Raum zu ergießen. Ueber dem Luftkreiſe endlich finde man noch Urſachen der Winde in der Anziehung der Sonne, und vornämlich des Mondes, welche auf die Luft eben ſo, wie auf das Meer wirkten.

Wargentin meint, es ſey vielleicht gar unmöglich, alle die unbeſtändigen Winde zu erklären, die faſt überall über das feſte Land und über die See, außer dem 30 Gr. der Breite wehten. Unter den vielen Urſachen, welche daſelbſt die Luft in Bewegung ſetzten, ertheilten ihr die meiſten keine gewiſſe Richtung, ſondern ſie trieben ſie nur dahin, wo ſie den geringſten Widerſtand finde, und dieſer ſey zufälliger

Weiſe bald auf der einen, bald auf der andern Seite. Nichts deſto weniger gebe es an jedem Orte einige beſtändige Urſachen, welche machten, daß gewiſſe Winde daſelbſt allgemeiner und herrſchender wären, als andere. Die Lage eines Ortes am Meere, an großen inländiſchen Seen, an Strömen und Moräſten, Gebirgen, Anhöhen, Thälern, oder Ebenen, auch gegen wärmere oder kältere, trocknere oder feuchtere Länder, imgleichen die Beſchaffenheit des daſigen Erdreichs, der aufſteigenden Dünſte, und mehr ſolcher Umſtände müßten nothwendig auf das Verhalten des Windes ſehr vielen Einfluß haben. Aber was für Winde aus dieſen Urſachen entſpringen werden, das ſey unmöglich voraus zu ſehen, ſondern es müſſe durch fleißige Beobachtungen vieler Jahre ausgemacht werden.

In den Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1734. findet man die Beſchreibung eines Anemometers von Ons-en-Bray, welches kürzlich folgende Einrichtung hat: Eine mit einem Windrade verſehene kleine Maſchine läßt ſich ſchon durch einen ganz mäßigen Wind in Bewegung bringen. Daher wird das Rad beym ſtärkern Winde in einen ſchnellern Umlauf kommen, als beym ſchwächern. Nun iſt alles ſo eingerichtet, daß die Maſchine vermittelſt eines Zeigers die Anzahl der Umläufe angiebt. Folglich laſſen ſich hiernach die Veränderungen der Geſchwindigkeit des Windes anzeigen. Sonſt iſt aber dieſe Maſchine ſehr zuſammengeſetzt. Sie zeigt nicht allein die Aenderungen in der Geſchwindigkeit und Richtung des Windes an, ſondern bemerkt dieß alles auch auf einem Papier in Abweſenheit des Beobachters. Mit derſelben iſt eine Uhr verbunden, und wenn alles, nach-

dem die Uhr aufgezogen worden, gehörig eingerichtet iſt, ſo ſieht man nach 24 Stunden, was für Winde, und in welchen Stunden ſie geweht haben, und wie ſich ihre Geſchwindigkeit geändert hat. Die ganze Maſchine ſteht in einem Zimmer, und wird durch ein oben auf dem Dach befindliches Windrad in Bewegung geſetzt. Es ſcheint indeſſen die Erfindung eines ſolchen Windmeſſers nicht urſprünglich franzöſiſch zu ſeyn, da ſchon Leupolds im Jahre 1724 gedrucktes Werk eines ähnlichen Werkzeuges erwähnt, welches der Hofjuwelirer Dinglinger in Dresden in ſeinem Hauſe habe errichten laſſen.

Ein weit einfacheres und brauchbareres Anemometer gab Schober o) an. Daſſelbe war eine Welle mit vier kleinen Windflügeln, aus Stahl gemacht, vier Zoll lang, ohngefähr $1\frac{1}{2}$ Linie dick, und dieſe Welle lief mit der Spitze in Meſſing, am Halſe aber, wo ſie eine Hohlkehle hatte und nur 1 Linie dick war, in Horn. Die Ruthen waren von jungem Eichenholz, etwa $1\frac{1}{2}$ Linie dick, und von der Axe bis mitten auf die Flügel gemeſſen vier Zoll lang; folglich war der Kreis, den ſie bey einer Umwendung beſchrieben, im Umfange $2\frac{1}{2}$ Fuß. Die Flügel waren aus dünnem meſſingenen Blech gemacht, und hatten auf der hintern Seite eine Hülſe, mittelſt welcher ſie auf die Ruthen aufgeſteckt, und nach Gefallen gewendet werden konnten; ihre Breite war beynahe 2 Zoll 6 Linien, und ihre Höhe, nach der Länge der Ruthe gemeſſen, 1 Zoll 3 Linien. Dieſe Welle ward beym Gebrauch in die Richtung des Windes gebracht, und die

o) Verſuche über die Stärke des Windſtoßes im Hamb. Magaz. B. IX. St. 2 u. 3.

die Flügel wurden gerade gegen den Wind geſtellt, der ſie alsdenn zum Umlauf brachte, und bey einer verändderlichen Umlaufsgeſchwindigkeit ſo lange erhielt, als ſeine mittlere Geſchwindigkeit dieſelbe blieb. Um nun die jedesmalige Umlaufsgeſchwindigkeit der Flügel zu erfahren, war an der Welle eine Schraube ohne Ende, und an dem Lager, worin die Welle lief, eine kleine Glocke angebracht, darin der Hammer mittelſt zweyer Stifte, die in dem Sternrad befeſtigt waren, gehoben ward. Das Sternrad hatte 12 Zähne, und die Stifte ſaßen an demſelben einander gerade gegen über, deßwegen geſchah allemal nach ſechs Umläufen der Flügel ein Schlag auf die Glocke. Wenn aber der Umlauf ſo ſchnell war, daß die Schläge nicht wohl gezählt werden konnten, ſo ward ein Stift herausgenommen, da denn nach 12 Umläufen jedesmal ein Schlag auf die Glocke erfolgen mußte. Zählte man nun, wie viel Schläge auf die Glocke in einer Minute, oder in einer längern bekannten Zeit geſchahen, ſo war es leicht, die Umlaufsgeſchwindigkeit der Flügel daraus herzuleiten, und es kam alsdenn darauf an, aus dieſer Umlaufsgeſchwindigkeit der Flügel die Geſchwindigkeit des Windes zu finden, die er während der Zeit der Beobachtung gehabt hatte. Schober glaubt durch Verſuche, die er mit kleinen Flügeln angeſtellt hat, gefunden zu haben, daß dieſe Flügel gegen die Umlaufsaxe unter einem Winkel von 52° geneigt ſeyn müſſen, wenn die Geſchwindigkeit, womit ihr Schwerpunkt umläuft, mit der Geſchwindigkeit des Windes gleich ſeyn ſoll.

Eine Art Windmeſſer beſchreibt Bouguer [p]), welche immer noch eine der beſten bleibt. Ein Blech von

p) Manoeuvre des vaiſſeaux. p. 151. und *Nollet* art des exper. T. III. p. 151.

von 1 Quadratfuß Fläche wird dem Winde ſenkrecht entgegen gehalten. Dieſer treibt es mit einem mitten daran befeſtigten Stiele in eine Art von Futteral hinein, in deſſen Boden eine angebrachte Spiralfeder entgegendruckt. Ein ſtärkerer Wind treibt daher den Stiel tiefer hinein, als ein ſchwächerer, und durch einen Sperrkegel wird der Stiel feſtgehalten, ſo daß er nicht wieder zurückkann. So läßt ſich finden, wie tief ihn der Wind hineingetrieben hat, und verſuchen, wieviel man Gewicht braucht, ihn eben ſo weit hineinzutreiben.

Die Geſchwindigkeit der Winde iſt ſehr verſchieden. Im Jahre 1741. am 24ten März beobachtete Kraft q) zu Petersburg einen Orkan, welcher in einer Sekunde $109\frac{7}{10}$ rheinl. Fuß durchlief, und zu anderer Zeit einen von 123 Fuß.

Das Vermögen des Windes hängt von der Dichtigkeit der Luft und von der Geſchwindigkeit, womit ſie ſich bewegt, ab. Muſſchenbroek r) führt einige Rechnung hierüber, wobey er annimmt, das Moment des Windes verhalte ſich wie das Produkt der Luftmaſſe in das Quadrat der Geſchwindigkeit. Nach dieſem Satze müſſen ſich alſo die Geſchwindigkeiten von Waſſer und Luft, wenn beyde gleiche Wirkung thun ſollen, wie die Quadratwurzeln aus ihren ſpecifiſchen Gewichten d. i. etwa wie 1 zu 24, verhalten. Nimmt man nun mit de la Hire an, daß die Kraft des Stoßes eines fließenden Waſſers dem Gewichte einer Waſſerſäule gleich iſt, welche die geſtoße-

q) Comment. Petropol. Vol. XIII. p. 380.

r) Introd. ad philoſ. natur. T. II. §. 2619 ſqq.

ſtoßene Ebene zur Grundfläche, und die der Geſchwindigkeit zugehörige Höhe zur Höhe hat. Wenn daher das Waſſer in einer Sekunde 1 Pariſ. Fuß durchläuft, welcher Geſchwindigkeit die Höhe $\frac{1}{60}$ Fuß zugehört, ſo wird die Kraft des Stoßes auf 1 Quadratfuß Fläche dem Gewichte von $\frac{1}{60}$ Cubikfuß Waſſer gleich, oder, wenn man 1 Cubikfuß Waſſer 63 Pfund ſchwer annimmt, $= 1\frac{1}{20}$ Pfund ſeyn. Eben ſo groß iſt die Kraft eines Windſtoßes, welcher in einer Sekunde 24 Fuß durchläufft.

Auf gleichen Gründen, wie dieſe Berechnung, beruht die ganze Theorie des Windſtoßes gegen ebene Flächen, welche derſelbe entweder nach ſenkrechten oder nach ſchiefen Richtungen, wie bey den Windmühlenflügeln, trifft. Die Theorie hievon iſt mit Anwendung der Analyſe beſonders durch Parens, Johann Bernoulli, Euler und andern entwickelt worden. In ihrem Zuſammenhange vorgetragen findet man ſie bey Karſten [s]).

Zweytes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre von den ſchwingenden Bewegungen ſchallender und klingender Körper.

Ueber die verſchiedenen Schwingungsarten der Saiten hatte Sauveur zuerſt theoretiſche Unterſuchungen angeſtellt, und Brook Taylor war einer von den erſten, welcher die ſchwingende Bewegung geſpann-

s) Lehrbegriff der geſammten Mathematik. Th. VI. Pnevmatik. Abſchn. IX.

ſpannter Saiten durch die Analyſe unterſuchte, und die Anzahl der Schwingungen, welche eine Saite in einer gewiſſen Zeit vollbringt, beſtimmte. Bisher hatte aber noch kein einziger daran gedacht, die einzelnen unterſuchten Lehren des Klanges in ein Syſtem zu bringen. Erſt im Jahre 1722 ſtellte Rameau t) ein ſolches aus Grundſätzen der Harmonie, welche, wie Bürette u) ſehr wahrſcheinlich gezeigt hat, den Alten gänzlich unbekannt war, auf. Die alten Tonkünſtler gebrauchten vorzüglich bey ihren Compoſitionen zwey Geſchlechter, wovon das eine das diatoniſche und das andere das chromatiſche genannt wurde. Dieſe beyden Geſchlechter hatten die neuern Componiſten vereinigt, und daraus ein neues zuſammengeſetzt, welches das diatoniſchchromatiſche genannt wurde, und dasjenige iſt, wornach die meiſten Inſtrumente jetzt eingerichtet ſind. Zu dieſer Zuſammenſetzung wurden ſie meiſtens durch das bloße Gehör geleitet. Nach dieſem Geſchlechte liegen zwiſchen einer Oktave zwölf Töne, wovon ein jeder zum Haupttone gewählt werden kann, ohne das Gehör zu beleidigen. Dabey iſt es aber unmöglich, lauter ganz reine Intervalle zu erhalten; daher war man genöthigt, ſich eine kleine Abweichung von der höchſten Reinigkeit gefallen zu laſſen, und dieſe Abweichung, oder die Einrichtung des Tonſyſtems nach derſelben, führt den Namen der Temperatur. Rameau glaubt, daß dieſe Abweichung am geringſten ſey, wenn alle Intervalle gleich gemacht würden, d. i. wenn das Verhältniß 2 : 1, oder das der Oktave, in 12 gleiche Verhältniſſe getheilt, folg-

t) Traité de l'harmonie. à Paris 1722. 4.

u) Hiſtoir. de l'Academ. des inſcriptions et belles lettres. an. 1716.

folglich zwiſchen 2 und 1 eilf mittlere geometriſche Proportionalzahlen geſucht werden. Dieß zeigt folgende Tafel:

			beynahe	Länge der Saiten
1	c	1000000	1000	2000
$\sqrt[12]{2}$	cs	1059462	1059	1888
$\sqrt[12]{2^2}$	d	1122462	1122	1782
$\sqrt[12]{2^3}$	ds	1189207	1189	1628
$\sqrt[12]{2^4}$	e	1259921	1260	1587
$\sqrt[12]{2^5}$	f	1334839	1335	1498
$\sqrt[12]{2^6}$	fs	1414213	1414	1414
$\sqrt[12]{2^7}$	g	1498307	1498	1335
$\sqrt[12]{2^8}$	gs	1587400	1587	1260
$\sqrt[12]{2^9}$	a	1681792	1682	1189
$\sqrt[12]{2^{10}}$	b	1781797	1782	1122
$\sqrt[12]{2^{11}}$	h	1887748	1888	1059
2	$\bar{c}$	2000000	2000	1000

Rameau folgerte daraus, daß die Intervallen der Quinten insgeſammt ein wenig kleiner als im Verhältniſſe 3 : 2 ausfallen; die Intervallen der großen Terzen aber um etwas weniges zu groß, und die Intervallen der kleinen Terzen wieder ein wenig zu klein. Die Rechnung zeigt, daß die Schwebung der großen Terzen ein wenig mehr, als die Schwebung der Quinten, und die Schwebung der kleinen Terzen wieder ein wenig mehr, als die Schwebung der großen Terzen betrage. Auf ſolche Art treffen die ſtärkern Schwebungen die minder vollkommenen Conſonanzen, welches dem feinen muſikaliſchen Gehör deſto weniger Anſtoß giebt. Weil nun alle gleichnamigen Intervallen

bey

bey dieſer Temperatur einerley Schwebung erhalten, ſo nennt man ſie die gleichſchwebende Temperatur.

Uebrigens enthält Rameau's Syſtem ſehr viel willkührliches, und iſt von der Vollkommenheit noch ſehr weit entfernt. Seit dieſer Zeit aber fiengen die Tonkünſtler und Mathematiker an, die Regeln der Tonkunſt auf feſte Gründe zu bringen. Das erſte hierüber abgefaßte Werk, welches die Theorie der Töne zum erſtenmale in ihrem ganzen Umfange enthält, hat den berühmten Euler x) zum Verfaſſer. Dieſer behandelt zwar die Tonkunſt ganz mathematiſch, von ihm aber hebt ſich die Muſiklehre in der neuern und vollſtändigern Geſtalt an. Euler giebt dreyerley Arten von Tönen an; inſofern nämlich ihre Entſtehung betrachtet wird, werden 1. Töne erregt durch eine zitternde Bewegung geſpannter Körper, z. B. der Saiten, Glocken u. ſ.; 2. entſtehen Töne durch die Elaſticität einer ſtark comprimirten Luft, welche ſich ſchnell wieder in den vorigen Zuſtand verſetzt, wie z. B. beym Abfeuern der Geſchütze, beym Donner u. ſ., und 3. erzeugen ſich Töne bey Blasinſtrumenten, wie z. B. Flöte, Pfeiffe, Trompete u. ſ.

Wenn die Länge einer geſpannten Saite durch α, das Verhältniß des Durchmeſſers zur Peripherie durch $\delta:\pi$, die Länge des Sekundenpendels durch λ, und das Verhältniß der Spannung der Saite zu ihrem Gewichte durch $\mu : 1$ ausgedruckt werden, ſo findet Euler die Anzahl der Schwingungen, welche eine ſolche Saite in einer Sekunde vollendet, $= \frac{\delta}{\pi} \surd \frac{\lambda\mu}{\alpha}$. Die-

x) Tentamen novae theoriae muſices. Petrop. 1739. 4.

Dieſe Regel erläutert er durch folgendes Beyſpiel: er nahm eine Saite, welche 1,510 Rheinländ. Fuß lang war, $6\frac{1}{5}$ Gran wog, und mit einer Kraft geſpannt war, die 6 Pfund oder 46080 Gran betrug. Hieraus fand er die Anzahl der Schwingungen dieſer Saite in einer Sekunde = 392. Dieſe Anzahl gehört nach ſeiner Schätzung demjenigen Tone zu, welchem die Tonkünſtler den Nahmen a beylegen. Von der Anzahl der Schwingungen, welche in einer gewiſſen Zeit vollendet werden, hängt nun die gemeinſte Eintheilung der Töne in tiefe und hohe ab. Daher ließen ſich die Töne als Größen betrachten, welche zum Maaße die Anzahl der Schwingungen in einer beſtimmten Zeit haben. Dieß iſt das erſte Princip der Muſiklehre. Was die Grenzen betrifft, zwiſchen welchen alle Töne vornehmlich gehört und von einander unterſchieden werden können, ſo hängen dieſe bloß von dem Vermögen unſerer Gehörorgane ab. Euler ſetzt ſie auf 30 und 7520, nach neuern Beſtimmungen aber auf 20 und 4000 Schwingungen in einer Sekunde, welches etwa 8 Oktaven in ſich begreiſt.

Das andere Princip der Muſiklehre, daß uns nämlich gewiſſe Töne, welche entweder zugleich oder nach und nach in einer gewiſſen auf einander folgenden Reihe ſich hören laſſen, gefallen, andere aber mißfallen, beruht auf metaphyſiſchen und pſychologiſchen Gründen. Euler bemerkt, daß uns nur alsdenn zwey oder mehrere Töne gefallen, wenn wir das Verhältniß ihrer Schwingungszahlen binnen einerley Zeit ſehr leicht erkennten. Das Mehr oder Weniger in Anſehung der Gefälligkeit und Lieblichkeit der Töne hange bloß von dem Vermögen unſerer Seele ab, jenes Verhältniß der Schwingungszahlen leichter oder ſchwe-

ſchwerer zu erkennen. Diejenigen Verhältniſſe der Töne alſo, welche mit gleicher Leichtigkeit wahrgenommen werden, geben auch einen gleichen Grad der Annehmlichkeit. Den erſten Grad beſtimmt der Einklang d. i. das Verhältniß 1 : 1; den andern die Oktave, oder das Verhältniß 1 : 2. Da die Verhältniſſe 1 : 3 und 1 : 4 mit gleicher Leichtigkeit erkannt zu werden ſcheinen, ſo beſtimmen ſie den dritten Grad von Annehmlichkeit. So gehört ferner das Verhältniß 1 : 8 zum vierten, das 1 : 16 zum fünften, und überhaupt das 1 : 2^n zu demjenigen Grad, deſſen Zahl n + 1 iſt. Da das Verhältniß 1 : 1 zum erſten, das 1 : 2 zum andern, und das 1 : 3 zum dritten Grad der Annehmlichkeit gehört, ſo behauptet Euler vermöge der Induction, daß das Verhältniß 1 : 5 den fünften, 1 : 7 den ſiebenten Grad u. ſ. f. beſtimme. Dieß vorausgeſetzt giebt Euler die Regel, mit deren Hülfe der Grad der Annehmlichkeit eines jeden gegebenen Verhältniſſes entdeckt werden kann. Das Verhältniß muß aber in ganzen, rationalen Zahlen und Primzahlen unter ſich ausgedruckt ſeyn. Die Regel iſt dieſe: man ſucht die kleinſte Zahl unter denjenigen, welche durch die gegebenen Verhältnißzahlen ohne Reſt dividirt werden können, hiernächſt wird dieſe Zahl in ihre einfachen Faktoren zerfällt, welche ſind a, b, c, d u. ſ. und deren Anzahl = n iſt; der Grad der Annehmlichkeit, zu welchem das gegebene Verhältniß gehört, iſt = a + b + c + d . . . — n + 1. Es ſey z. B. das Verhältniß 2 : 3, welches die Quinte ausdruckt, gegeben. Die kleinſte Zahl, welche durch dieſe Verhältnißzahlen dividirt werden kann, iſt 6 = 2 . 3; alſo a = 2, b = 3 und n = 2, folglich der Grad der Annehmlichkeit = 2 + 3 — 2 + 1 = 4. Auf eben die Art findet man den Grad der Annehmlichkeit des Verhält-

niſſes 3:4, welches die Quarte ausdruckt, = 5 u. ſ. f.

Zuletzt leitet Euler noch aus ſeiner Theorie eine ganze Menge mehr oder weniger vollkommene Geſchlechter her, unter welchen er eines anführt, das ſehr genau mit dem diatoniſch-chromatiſchen übereinſtimmt. Allein die Tonkünſtler fanden doch noch eine Schwierigkeit in ſeinem neuen Geſchlechte, nämlich die, daß gewiſſe Töne zwar mit einigen zuſammenſtimmen, aber wieder gegen andere ſchweben. Daher ſind eine Menge von Temperaturen vorgeſchlagen worden, um dieſer Unbequemlichkeit abzuhelfen. Die von Rameau bereits angenommene, und von d'Alembert und andern vertheidigte geometriſche oder gleichſchwebende Temperatur iſt eine der merkwürdigſten.

Dan. P. Sträßle[y]) glaubte auf eine neue Temperatur gekommen zu ſeyn, welche das Schweben der Töne am gelindeſten für das Gehör mache, und alle Töne in gehörige Gleichſtimmigkeit ſetze. Sie beruht auf folgender geometriſcher Conſtruktion: man zieht (fig. 44.) die Linie qr in beliebiger Länge, und theilt ſie in 12 gleiche Theile, wodurch man 13 Punkte nach der Anzahl der 13 Töne in der Oktave findet. Ueber dieſer Linie wird ein gleichſchenklichtes Dreyeck qor dergeſtalt gezeichnet, daß qo = or = 2qr iſt; von o zieht man aber nach Gefallen Linien durch jeden Theilungspunkt von qr. Nun iſt i der 8te Punkt von q gerechnet, dieſe Länge qi faßt man mit dem Zirkel, und beſchreibt mit dieſer Oefnung aus q einen Kreisbogen, von i bis p; durch die Punkte r und p zieht man nachgehends eine Linie nach m von beliebiger Länge, aber der Punkt m wird gefunden, indem pm = pr

y) Schwed. Abhandlung. B. V, für 1742. S. 226. f.

= pr gemacht wird, worauf man die Linie om ſo lang, als gefällig iſt, durch m zieht.

Nach dieſer Vorbereitung wird pr ebenfalls in 12, aber ungleiche Theile getheilt, da ſich ſolchergeſtalt auch 13 Punkte geben, auf die Art, daß, wenn mr das einmal geſtrichene c iſt, m2 cis, m3 d, m4 dis, m5 e u. ſ. f. und m13 oder mp das zweymal geſtrichene c ſeyn wird. Und wie dieſe Linie mit ihren 13 Theilungspunkten dergeſtalt an eine Saite von der Länge mr paßt, daß das Schweben zwiſchen den Tönen, mit der geringſten Beſchwerde für das Gehör, nach einer genauen Erfahrung verglichen wird, wenn die Entfernungen für die übrigen Saiten m2, m3, m4 u. f. ſind, ſo nennt Strähle die Linie pr die muſikaliſche Linie.

Aus der verzeichneten Figur findet man auch die Muſiklinie für ein Maas, das größer oder kleiner wäre, als mr, welches aus den Linien nſ, lt u. ſ. erhellet, die mit mr parallel ſind, und alſo wegen der ähnlichen Dreyecke in dieſer Figur auf eben die Art, wie mr, abgetheilt werden.

Jacob Faggot [z]) berechnet dieſe von Strähle angegebene Conſtruktion, und meinte wirklich eine vorher unbekannte Temperatur darin wahrgenommen zu haben. Allein Funk [a]) hat Faggot's Rechnung einer Prüfung unterworfen, und gefunden, daß er gleich bey der Auflöſung des Dreyecks pom ſtatt der Logarithmen der Tangenten die Logarithmen der zugehörigen Sinus genommen, und dadurch den Winkel p faſt 7° zu klein gefunden hat, welches die ganze fol-

z) Schwed. Abhandlung. B. V. für 1742. S. 230. u. f.
a) Progr. et tono et ſono. Lipſ. 1779. 4.

folgende Rechnung falſch machte. Funk hat die Rechnung richtig geführt, und gezeigt, daß man durch dieſe Conſtruktion nichts anders, als eine ſehr nahe Approximation an die gleichſchwebende Temperatur erhält.

Dieſe gleichſchwebende Temperatur iſt nun ohne allem Zweifel diejenige, bey welcher die möglichſte Annäherung an die Reinigkeit für alle Conſonanzen zugleich erhalten wird. Die ganzen Töne ſchreiten ſämmtlich durch das Verhältniß $\frac{8909}{10000}$ fort, welches von $\frac{8}{9}$ ſehr wenig abweicht; die Quinten und Quarten weichen nur um den zwölften, und die Terzen um den dritten Theil eines Comma ab, welches dem Unterſchiede des größern und kleinern Tons ($\frac{8}{9}:\frac{9}{10}=\frac{80}{81}$) gleich iſt, und für die größte dem Gehör erträgliche Abweichung von der Reinigkeit angenommen wird. Gleichwohl haben die Tonkünſtler bey der gleichſchwebenden Temperatur dieſe große Schwierigkeit gefunden, daß die Stimmung nicht anders, als nach einem genau eingetheilten Monochord möglich iſt; überdem haben ſie auch dieß als einen Nachtheil angeführt, daß in der gleichſchwebenden Temperatur alle Grundtöne einander völlig gleich werden, wodurch die ſchätzbaren Vortheile verloren giengen, welche man ſonſt aus der Mannichfaltigkeit des Charakters der Tonleitern von verſchiedenen Grundtönen ziehe, und welche kein Tonſetzer von Gefühl gern aufopfern werde.

Unter den Neuern hat daher Kirnberger [b]) eine ungleich ſchwebende Temperatur angegeben, welche ein jeder guter Stimmer, meiſtens durch Quinten, ohne Mühe treffen kann, und welche nicht, wie viele an-

b) Die Kunſt des reinen Satzes in der Muſik. Berlin 1771. 4.

andere vorgeſchlagene, manchen Tönen vorzüglich reine Intervalle, zum Schaden der übrigen, giebt, ſondern ſich mehr an das hält, was der Natur des reinen Geſanges aus jedem Grundtone am nächſten kommt. Die Verhältniſſe dieſer Temperatur ſind in folgender Tafel enthalten:

c	1	1,0000	g	$\frac{2}{3}$	0,6667
cis	$\frac{243}{256}$	0,9492	gis	$\frac{81}{128}$	0,6328
d	$\frac{8}{9}$	0,8889	a	$\frac{161}{270}$	0,5963
dis	$\frac{27}{32}$	0,8437	b	$\frac{9}{16}$	0,5625
e	$\frac{4}{5}$	0,8000	h	$\frac{8}{15}$	0,5313
f	$\frac{3}{4}$	0,7500	c	$\frac{1}{2}$	0,5000
fis	$\frac{32}{45}$	0,7111			

Was den Einwurf gegen die gleichſchwebende Temperatur betrifft, daß nach ſelbiger die Stimmung der Flügel oder Claviere nicht anders, als mit Hülfe des Monochords möglich ſey, ſo hat Lambert c) gezeigt, daß auch ohne Monochord der Flügel gleichſchwebend geſtimmt werden könne. Man ſteigt nämlich vom Grundtone 7 reine Quinten aufwärts, und nimmt, wie gewöhnlich, die Unteroktaven zu Hülfe. Von der 7ten Quinte ſteigt man um eine reine große Terze, ſo kommt man auf die gleichſchwebend temperirte Quart des Grundtons, und man kann auf dieſe Art 6 gleichſchwebend temperirte Töne der Oktave finden. Nun geht man zum erſten Grundton zurück, ſtimmt 7 fallende reine Quinten unterwärts, und nimmt nun die Oberoktave zu Hülfe. Von der 7ten Quinte geht man eine fallende reine große Terze weiter unterwärts, ſo hat man die gleichſchwebend temperirte Unterquart des Grundtons. Dieſe nimmt man von neuem zum

c) Remarques ſur le temperament en Muſique in den Nouv. mém. de l'Acad. de Pruſſe. an. 1774. p. 55 ſqq.

zum Grundton an, und verfährt wie vorhin. So findet man die übrigen 5 gleichſchwebend temperirten Töne der Oktave.

Nach Brook Taylor haben vornehmlich Daniel Bernoulli [d]), Euler [e]) und de la Grange [f]) allgemeine Unterſuchungen über die verſchiedenen Schwingungsarten der Saiten angeſtellt. Hiebey haben zugleich Bernoulli und Euler ganz richtig gezeigt, daß das Mitklingen mehrerer Töne zugleich mit dem Grundtone nicht weſentlich, wie einige geglaubt hatten, ſondern nur zufällig ſey.

Ueber den Klang der Stäbe und Streifen hat Daniel Bernoulli in den Commentarien der Petersburger Akademie zuerſt Unterſuchungen angeſtellt. Euler hatte zwar auch ſchon dieſen Gegenſtand in ſeiner Theorie der Muſik (cap. I. §. 23.) berührt, durch Bernoulli's Unterſuchungen aber wurde er von neuem veranlaßt, ihn etwas umſtändlicher und genauer zu verfolgen [g]). Durch ſeine genauen Berechnungen fand er, daß man elaſtiſche Stäbe und Bleche nicht nach den Geſetzen der Saiten beurtheilen dürfe, wie er vormals gethan hatte. Bey Stäben von einerley Materie verhalten ſich die Grundtöne, und die gleichartigen Töne überhaupt, wie die Dicken der Stäbe, und umgekehrt, wie die Quadrate ihrer Längen. Bey den Blechſtreifen ſteht die abſolute Elaſticität im zuſam-

d) Mémoir. de Berlin. 1753. 1765.
e) Nov. comment. Petrop. T. IX. XV. XVII. XIX. Mém. de Berlin. 1748. 1753. 1765.
f) Miſcell. Taurinenſ. T. I. II. III.
g) Methodus inveniendi curvas maximi minimive proprietate gaudentes. Add. I. de curvis elaſticis. Lauſ. et Genev. 1744. 4. p. 245 ſqq. ingl. Inveſtigatio motuum, quibus laminae et virgae elaſticae contrimeſcunt in Comment. Acad. Petrop. 1779. P. I. p. 103 ſqq.

ſammengeſetzten Verhältniſſe der Steifigkeit ihrer Materie, ihrer Breite, und des Würfels ihrer Dicke. Wenn alſo λ die Länge, γ das Gewicht, und ε die abſolute Elaſticität des Streifen bedeutet, ſo folgt, daß ſich die Quadrate der Schwingungszeiten, wie $\frac{\lambda^3 \gamma}{\varepsilon}$ verhalten.

Auch hat Euler[h]) über den Klang der Ringe und Glocken Unterſuchungen angeſtellt, welche aber mit den Erfahrungen nicht genug übereinſtimmten.

In dieſem Zeitraume hielt man noch die Bewegung, worin das Weſen des Schalles beſteht, für ein Zittern der kleinſten Theile des ſchallenden Körpers. Muſſchenbroek[i]) zeigt ſogar in einer Figur, wie ſich die Theile einer klingenden Saite bey ihren Schwingungen an einander hin und her ſchieben müſſen. Beym Uebergange zur Theorie ſetzt er aber doch voraus, daß die Schwingungen den Erzitterungen gleich und proportional wären, und ſpricht von dieſer Stelle an gar nicht mehr vom Zittern: videntur, ſagt er, proinde celeritates tremorum cum celeritatibus oſcillationum utcunque convenire, vel harmonicae eſſe — quia autem tremores non ita obſervari, quam oſcillationes, poſſunt, has loco tremorum in ſequentibus conſiderabo. Dies iſt offenbar ein ſtillſchweigendes Geſtändniß, daß aus dem Zittern der kleinſten Theile nichts erklärt werden könne.

Die

h) De ſono campanarum in Comment. Petrop. T. X.

i) Introd. ad philoſ. natur. §. 2191. ſqq. Tab. XVII. fig. 10. et 11.

Die Theorie der wellenförmigen Bewegung der elaſtiſchen flüſſigen Mittel, in welchen ſich der Schall fortpflanzt, hatte Newton zuerſt auf beſtimmte Grundſätze gebracht. Aus dieſer Theorie ſuchte er zu beſtimmen, mit welcher Geſchwindigkeit ſich der Schall in der atmoſphäriſchen Luft fortpflanze. Die Vorſtellung, welche ſich Newton von der wellenförmigen Fortpflanzung des Schalles gemacht hat, iſt bereits im 2ten Theile S. 492. u. f. angeführt worden. Indeſſen hatte Herr von Mairan einige Schwierigkeiten darin gefunden, daß in einer und eben derſelben Luftmaſſe oft ungemein viele verſchiedene Töne zu gleicher Zeit fortgepflanzt werden, ohne ſich zu hindern. Er kam daher auf die Idee, daß die atmoſphäriſche Luft aus Theilchen beſtehe, die verſchiedene Elaſticität beſäßen, ſo daß einem jeden Tone eine ihm gemäße Elaſticität oder Spannung zugehöre. Dieſe Idee, welche er bereits im Jahre 1719 der Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris bekannt gemacht hatte, verglich er mit der Vorſtellung, welche ſich Newton von der Fortpflanzung des Lichts gemacht hatte, und glaubte damit eine große Uebereinſtimmung zu finden. Hiernächſt überſchrieb er ſeine Gedanken dem großen Newton ſelbſt, welcher ſie, wie Mairan berichtet, ſehr gebilligt habe. Dies habe ihn nun bewogen, dieſe ſeine Vorſtellung in einer eigenen Abhandlung gehörig auszuführen [k]). Hiernach muß ein jeder Ton die ihm zugehörigen Lufttheilchen in Schwingungen ſetzen, und wenn es möglich wäre, daß man einen Schall erregen könnte, welcher gar keine ihm gemäß geſpannte Luft=

k) Diſcours ſur la propagat. du ſon dans les differens tons, qui le modifient. in d. Mémoir. de l'Acad. des ſcienc. de Paris an. 1737.

lufttheilchen hätte, ſo würde derſelbe gar nicht hörbar ſeyn.

Gabriel Cramer [l]), Prof. der Mathematik zu Genf, nannte Mairan's Gedanken ſchön, und einer genauern Prüfung würdig. Bey dieſer Gelegenheit greift er zugleich Newtons Theorie von der wellenförmigen Bewegung mit nicht unwichtigen Gründen an. Er zeigt nämlich, daß der Beweis ſeiner 47. Propoſition (der neuern Ausgaben von Newtons Syſtem) nicht ſchließend ſey, weil man ihn mit eben ſo gutem Erfolge zur Demonſtration ganz anderer und offenbar falſcher Schlußfolgen gebrauchen könne. Er erweiſet, um ein Beyſpiel zu geben, ganz auf eben die Art, wie Newton, daß die hin- und hergehenden Theilchen nicht nach den Geſetzen des Pendels, ſondern wie die drey fallenden und aufſteigenden ſchweren Körper, beſchleunigt und retardirt werden müſſen, welches doch offenbar falſch iſt. Die Commentatoren Jacquier und le Sieur haben zwar Newtons Satz durch eine überaus weitläuftige Rechnung zu retten, und den Beweis mehr auf die Natur elaſtiſcher Mittel zu gründen geſucht; allein es iſt auch hiebey noch zu viel unerwieſenes vorausgeſetzt, als daß man Newton's an ſich ſo ſchöne Theorie für feſt gegründet und von allen Schwierigkeiten befreyt halten könnte, beſonders, da ſie von den Reſultaten der Verſuche ſo ſehr abweicht.

Euler [m]) iſt zwar mit Newton's Theorie im Ganzen genommen zufrieden, nur mißbilligt er die Hypo-

l) Extrait d'une lettre de Mſr. *Cramer*, du mois de Juillet 1740. im Journal des ſavans. an. 1741. p. 171. ſqq.

m) Conjectura phyſica circa propagationem ſoni et luminis, Berol. 1750. 4. §. VII.

Hypotheſe, welche Newton in Anſehung der Natur der Lufttheilchen annimmt. Denn wenn, ſagt er, der zehnte Theil der Luft aus harten Kügelchen beſtände, ſo würde ſich die Luft nicht über 10 mal verdichten laſſen, welches gegen die Erfahrung ſtreite. — Allein in Newtons Hypotheſe liegt dies nicht; nach ſeiner Vorſtellung macht zwar der Durchmeſſer des Lufttheilchens, der eine Linie iſt, den zehnten Theil des Abſtandes vom nächſten Theilchen aus, aber die Summe der Kügelchen ſelbſt, welche Körper ſind, beträgt nicht den zehnten, ſondern erſt den tauſendſten Theil des ganzen körperlichen Volumens; mithin folgt nur, daß ſich die Luft nicht über 1000 mal comprimiren laſſe. Ein ſo großer Geometer, wie Euler, hätte dies auf den erſten Blick gefunden, wenn er ganz unbefangen gegen Newton geweſen wäre. —

Euler nimmt mit Newton an, ein einzelner Pulſus werde zwar genau um 979 engliſche Fuß in einer Sekunde fortgehen, und für dieſen Fall ſey die Theorie berechnet; allein wenn mehrere ſucceſſive Schläge in einer Reihe auf einander folgten; ſo werde die Geſchwindigkeit der erſtern Schläge durch den Stoß der folgenden vergrößert, und dies ſey der Fall bey den Verſuchen, wo alſo die Geſchwindigkeit zugleich von der Anzahl der Schläge abhange. Hieraus würde folgen, daß ſich höhere Töne ſchneller, als tiefere, fortpflanzten; Euler bemerkt aber, daß der Unterſchied nicht von unſern Sinnen wahrgenommen werden könnte, und daß überhaupt die Erfahrungen hierüber, in aller Strenge genommen, nicht fehlerfrey wären. Uebrigens legt Euler dieſelbe Theorie auch bey der Fortpflanzung des Lichts zum Grunde, und gebraucht da den Einfluß, den die Succeſſion der Schläge auf die

Ge=

Geſchwindigkeit der Wellen haben ſoll, mit zu den Erklärungen der Farbenzerſtreuung.

Mairans Meynung, daß es für jeden Ton eine gewiſſe demſelben gemäße Spannung der Lufttheilchen gebe, widerlegt Euler [n]) unter andern auch dadurch, daß ein Mittel aus Theilen von ſo verſchiedenen Elaſticitäten gar nicht exiſtiren könne, weil die ſchwächer geſpannten Theile von den ſtärkern ſo lange würden zuſammengedruckt werden, bis alle einerley Elaſticität beſäßen. Da auch zunächſt um einen Theil nur eine gewiſſe Anzahl anderer Theile Platz habe, ſo könnten ſich nur an wenigen Stellen gleich geſpannte Theilchen die nächſten ſeyn; die ſich aber nicht die nächſten wären, und durch anders geſpannte Theile getrennt wären, könnten ſich ihre Bewegung nicht mittheilen, ohne die dazwiſchen liegenden mit zu bewegen.

Obgleich bereits ſo viele Verſuche angeſtellt waren, um die Geſchwindigkeit des Schalles zu beſtimmen, ſo waren doch die dadurch gefundenen Reſultate ſo ſehr verſchieden, daß die königliche Akademie zu Paris beſchloß, neue Erfahrungen hierüber mit der möglichſt größten Genauigkeit zu machen. Sie gab daher den Herren Caſſini von Thury, Maraldi, und de la Caille den Auftrag hiezu [o]). Dieſe wählten weit größere Entfernungen, als bey allen vorigen Erfahrungen geſchehen war. Die eine Entfernung betrug 11756 Pariſ. Toiſen, und dieſe durchlief der Schall binnen 1 Minute $8\frac{1}{4}$ Sekunden, ſo daß alſo die Geſchwindigkeit des Schalles in einer Sekun-

n) Nova theoria lucis et color. §. 60. ſqq.

o) Sur la propagation du ſon. in den Mém. de Paris. an. 1738.

Sekunde 172 Toiſen 1½ Fuß ausmachte. Die andere Entfernung war 14636 Pariſ. Toiſen, und dieſe durchlief der Schall in 1 Minute 24½ Sekunde, folglich belief ſich die Geſchwindigkeit in einer Sekunde auf 173 Toiſen. Aus dieſen und noch mehreren Verſuchen fanden ſie die Geſchwindigkeit des Schalles in 1 Sekunde im Mittel 173 Toiſen oder 1038 Pariſ. Fuß. Aus allen ihren Verſuchen, die ſie mit der größten Genauigkeit ausgeführt hatten, ergaben ſich folgende Reſultate:

1. Daß die Geſchwindigkeit des Schalles bey ſtiller Witterung 173 Toiſen in einer Sekunde beträgt, und daß dieſe Größe beynahe die nämliche iſt, wenn der Wind die Richtung des Schalles rechtwinklicht durchſchneidet.

2. Daß der ſtarke und ſchwache Schall mit gleicher Geſchwindigkeit fortgeht.

3. Daß die Geſchwindigkeit bey heiterm Himmel und bey Regenwetter, auch bey Tag und Nacht einerley iſt.

4. Daß die Geſchwindigkeit des Schalles in allen Theilen des Weges gleichförmig iſt.

5. Daß die Geſchwindigkeit des Schalles einerley bleibt, man mag die Mündung des abzufeuernden Geſchützes nach der einen oder nach der andern Gegend richten.

6. Wenn der Wind nach der Richtung des Schalles, oder derſelben entgegen geht, ſo muß die Geſchwindigkeit des Windes von der des Schalles abgezogen, oder hinzugeſetzt werden.

7. Daß die Verſchiedenheit des Erdſtrichs, durch welchen ſich der Schall fortpflanzt, nichts dazu beyträgt,

trägt, ſeine Geſchwindigkeit zu vergrößern oder zu ver⸗mindern.

8. Daß ſelbſt der verſchiedene Druck der Atmoſphä⸗re keinen merklichen Unterſchied in Anſehung der Ge⸗ſchwindigkeit des Schalles verurſacht.

Zuletzt wird noch bemerkt, daß man ſich dieſer Beſtimmungen bedienen könne, um die Entfernungen der Orte zu ſchätzen, in welchen Licht und Schall zu⸗gleich entſtehe, wie beym Abfeuern der Gewehre. Das Licht ſieht man hiebey wegen ſeiner außerordentlichen Geſchwindigkeit im Augenblicke der Entſtehung ſelbſt; den Schall aber hört man erſt nach einer kleinen Zwi⸗ſchenzeit, welche der Schall zur Vollendung ſeines We⸗ges nöthig hat. Die Zwiſchenzeit giebt die Entfernung des Ortes, wenn man für jede Sekunde etwa 173 Pariſ. Toiſen rechnet.

Auch de la Condamine [p]) ſtellte Verſuche über die Geſchwindigkeit des Schalles in Cayenne und bey Quito an. Herr Winkler [q]) hat die Reſultate der vorzüglichſten Beobachtungen zuſammengetragen, welche folgende Tafel zeigt.

Beobachter	Ort	Weg des Schalls in 1 Sek.
Gaſſendi	Frankreich	1473 Par. Fuß
Die Florentiner	Italien	1185 — —
Merſenne	Frankreich	1380 — —
Caſſini, Huygens ꝛc.	— —	1171 — —

Be⸗

p) Voyage de la rivière des Amazon. p. 206.

q) Tentamina circa ſoni celeritatem per aerem atmoſphe-ricum. Lipſ. 1763. 4.

Beobachter	Ort	Weg des Schalls in 1 Sek.
Flamſtead, Derham ꝛc.	England	1070 — —
Caſſini, Maraldi ꝛc.	Frankreich	1038 — — 1041 — —
de la Condamine	Cayenne	1101 — —
- - - -	Quito	1050 — —

Von der Abmeſſung der Entfernungen vermittelſt des Schalles hat Jnas Meldercreuz r) eine eigene Abhandlung geliefert. Geſetzt ein Schall aus einem Orte (fig. 45.) a werde an einem andern Orte b gehört, und die Zeit, da man den Schall in a hört, ſey $= \alpha$, und die Zeit, da derſelbe Schall in b gehört wird, $= \alpha + \beta$; ferner die Entfernung, durch welche ein Schall mit gleichförmiger Bewegung in einer gewiſſen Zeit $= \delta$ geht, $= \gamma$: ſo wird die Entfernung $ab = \frac{\gamma . b}{\delta}$.

Wenn ein Schall aus einem Orte (fig. 46.) a an drey andern Orten b, c, d gehört wird, welche mit a in einer Fläche, aber nicht in einer geraden Linie liegen, und die Zeit, da der Schall in b gehört wird, $= \beta$, nebſt der Zeit, da eben der Schall in c gehört wird, $= \gamma$, und der Zeit, da eben der Schall in d gehört wird, $= \varepsilon$, wie auch die Länge α, die ein Schall mit gleichförmiger Bewegung in einer gewiſſen Zeit δ, gegeben ſind, ſo findet man daraus die Entfernung ab auf folgende Art. Aus den Brennpunkten b und c beſchreibt man um den Brennpunkt b, wo die Zeit am kürzeſten iſt, eine Hyperbel ga, deren Axe $eg = \frac{(\gamma - \beta)\,\alpha}{\delta}$

zu

r) Schwediſche Abhandl. Th. III. 1741. S. 82. u. f.

zu nehmen iſt. Aus den Brennpunkten c und d beſchreibt man um den Brennpunkt c, wo die Zeit kleiner iſt, als für den andern Brennpunkt d, eine Hyperbel ha, deren Axe fh $= \frac{(\varepsilon - \gamma)\,\alpha}{\delta}$ genommen wird. Der Durchſchnitt a beyder Hyperbel ga, ha giebt die Länge ab und dieſer Linie Lage.

Wenn die gegebenen Zeiten β und γ oder γ und ε einander gleich wären, ſo verwandelt ſich die Hyperbel ga in eine gerade Linie, die auf bc ſenkrecht ſteht, oder die Hyperbel ha in eine dergleichen gerade Linie. Wenn der Ort b und c, oder c und d in eben der geraden Linie mit a lägen, ſo verwandelt ſich die Hyperbel ga in eine gerade Linie, die durch die Oerter b, c und a geht, oder die Hyperbel ha in eine gerade Linie. Wenn endlich alle drey Oerter b, c und d in einer geraden Linie mit a liegen, ſo verwandeln ſich beyde Hyperbeln ga und ha in eine einzige gerade Linie, und geben daher keinen Durchſchnitt, oder keine Auflöſung der Aufgabe.

Liegt der Ort a mit b, c, d, nicht in einerley Fläche, ſo kann in einem vierten Orte, welcher mit den Orten b, c, d in einer Fläche liegt, die Zeit beobachtet werden, da man eben den Schall daſelbſt hört, welcher in den andern Orten wahrgenommen wird. Mithin ergiebt ſich eine dritte Hyperbel; läßt man ſich dieſe ſo wohl als die beyden vorhin angeführten jede um ihre Axe drehen, ſo entſtehen daraus drey hyperboliſche Afterkegel, die einander in zweyen Kegelſchnitten durchſchneiden, und dieſe Kegelſchnitte ſchneiden einander wieder in dem geſuchten Orte a, und geben ihn alſo.

Dieſe angeführte Methode, Entfernungen durch den Schall zu meſſen, iſt nach Melderereuz vornämlich zu gebrauchen, wenn die Oerter, deren Lage geſucht wird, von gewiſſen gegebenen Oertern, an die man kommen kann, nicht zu ſehen ſind. Bey Belagerungen kann man ſo wohl außer einer Feſtung als in ihr die Lage der Kirchen, von welchen man die Glocken hört, der Batterien, von welchen Stücke oder Mörſer losgebrannt werden, der Poſten, von welchen man das Rufen der Wache oder einen andern Schall hört, finden, ohne daß man ſich einer Gefahr ausſetzen darf, nach erwähnten Oertern zu viſiren, wenn man ſolche Oerter ohne einen merklichen Fehler in einerley Fläche mit den dazu gehörigen gegebenen Oertern annehmen kann. Eben ſo, wenn man bey Belagerungen Minirer arbeiten hört, kann man den Ort der Mine finden. Sind Seeküſten durch große Meerbuſen ſo von einander abgeſondert, daß man ihre Lage durch die gewöhnlichen Feldmeſſerarbeiten nicht finden kann, ſo läßt ſich ſolche durch den Schall finden, wenn auf verſchiedenen Schiffen, die in gehörigen Entfernungen von einander und von den Küſten liegen, die Zeiten beobachtet werden, da man einerley Schall von den Küſten oder Schiffen auf erwähnten Schiffen oder Küſten hört. Man kann auch die Lage dieſer Küſten finden, wenn man bey Stückſchüſſen von erwähnten Küſten und Schiffen, die auf vorbeſchriebene Art gelegt ſind, die Zeit abmißt, die von dem Erſcheinen des Feuers verfließt, bis man den Knall hört. Auch laſſen ſich Landſchaften vermittelſt Glockenläuten und Rufen abmeſſen, und dies geht viel beſſer und geſchwinder von ſtatten, als mit den gewöhnlichen Feldmeſſerwerkzeugen, auch erſpart man damit das Pulver, das bey ſolchen Abmeſſungen durch Losbrennen der Stücke aufgehen würde.

In Gruben können der Oerter Lagen gegen einander in verſchiedenen Teufen gefunden werden. Bey allen dieſen Meſſungen aber müßte man die Dichtigkeit der Luft, durch welche der Schall geht, hinlänglich meſſen. Auch in Thälern, oder wo es ein Echo giebt, muß in Acht genommen werden, wenn der Schall durch das Echo eine Zeitlang fortdauert, daß dies nicht für den gerade herkommenden, oder erſten Schall gehalten wird. Alles Landmeſſen durch Hülfe des Schalls, ſo wohl das angeführte, als dasjenige, wobey man das Licht beym Abſchießen der Gewehre beobachtet, gründet ſich, in ſo fern es genau eintreffen ſoll, auf genaue Abmeſſung der Zeit in viel kleinern Theilen als Sekunden, wozu die gewöhnlichen Uhrwerke, welche die Zeit durch Schlagen meſſen, nicht zu gebrauchen ſind. Meldercreuz vermuthet daher, es ließen ſich gehörig gefüllte Stundengläſer von Queckſilber zu der hier angenommenen Abmeſſung der Zeit mit größerm Vortheile gebrauchen; ſobald man den Schall hörte, drehte man einen Hahn auf und ließe das Queckſilber auslaufen, und nachdem in einigen von den gegebenen Oertern ein Zeichen durch Erhöhung einer Fahne bey Tage, oder einer Laterne oder mit Raketen bey Nacht, gegeben würde, drehte man den Hahn wieder zu und hielte es alſo auf. Der Unterſchied im Gewichte des in verſchiedenen Orten ausgelaufenen Queckſilbers würde den erwähnten vorausgeſetzten Unterſchied anzeigen, und dies in viel kleinern Theilen, als Sekunden, wenn man dieſes Queckſilber mit der Menge Queckſilber vergleiche, die in einer gewiſſen gegebenen Zahl von Sekunden nach einer Pendeluhr ausliefe.

Sprach-

Sprachrohr.

Man hatte bisher verſchiedene Vorſchläge gethan, dem Sprachrohre eine ſolche Geſtalt zu geben, um dadurch den gröſst möglichſt ſtärkſten Schall auf die gröſste Weite zu bringen. Zu Erreichung dieſes Zwecks hatte vorzüglich Haas eins vorgeſchlagen, welches der Theorie nach die vortheilhafteſte Geſtalt beſitzen müſste; allein die Erfahrung hat doch gelehrt, daſs es dasjenige nicht leiſte, was ſich Haas von ihm verſprochen hat. Lambert [s]) hat gezeigt, daſs die Figur eines abgekürzten Kegels, wo nicht die beſte, doch eben ſo gut ſey, als jede andere, die man ſtatt ihrer wählen könnte. Es ſey (fig. 47.) adeb der abgekürzte Kegel, welcher als Sprachrohr dient, de die kleinere Oefnung, die man an den Mund anſchlieſst, ab die gröſsere Oefnung, fg die Länge der Axe, ad die Länge der Seitenlinie. Hier iſt die Frage, wie groſs müſſen die Grundflächen im Durchmeſſer, und wie groſs die Länge der Axe ſeyn, wenn das Sprachrohr dienen ſoll, die Worte einer ſtark hinein redenden Perſon bis auf eine verlangte Entfernung verſtändlich fortzupflanzen? Wenn man dieſe Entfernung mit der gröſsten Entfernung dividirt, in welcher die Worte einer ſtark redenden Perſon ohne Sprachrohr noch verſtändlich gehört werden könnten, ſo zeigt der Quotient, wie vielmal das Sprachrohr die gröſste Entfernung vergröſsert, in welcher die Worte einer laut redenden Perſon noch verſtanden werden können. Dieſer Quotient kann die Vergröſserungszahl genannt werden. Es ſchneide die Seitenlinie ad des abgekürzten Kegels adeb ſeine Axe fg in dem Punkte c, ſo iſt c die Spitze des ganzen Kegels, wovon das abgekürzte einen Theil ausmacht, und

fca

s) Sur quelques inſtruments acouſtiques in der Hiſtoir. de l'Acad. de Pruſſe, an. 1763. p. 87. ſqq.

fca iſt der halbe Winkel an der Spitze. Vermöge der Theorie muß der halbe Durchmeſſer fa der größern Grundfläche ſo groß ſeyn, als die Länge cd der Seitenlinie des kleinen oben abgeſchnittenen Kegels; die Oefnung de aber kann im Durchmeſſer $1\frac{1}{2}$ Zoll groß gemacht werden, damit ſie bequem am Munde anſchließe. Wenn nun die Größe des Winkels an der Spitze, mithin auch ſeine Hälfte, und die Länge der Seitenlinie ca des ganzen Kegels bekannt iſt; ſo kann der halbe Durchmeſſer fa der größten Grundfläche nach der Trigonometrie durch dieſe Proportion ſin. tot. : ca = ſin. fca : fa gefunden werden. Eben ſo groß muß cd ſeyn, und dieſe Länge cd von ca abgezogen giebt die Länge ad der Seitenlinie des abgekürzten Kegels, welcher als Sprachrohr dienen ſoll.

Lambert leitet aus der Theorie ferner folgende Regeln ab, um den Winkel an der Spitze, und die Länge der Seitenlinie ca zu finden:

1. Man dividire die Quadratwurzel aus der Zahl 2 durch die Vergrößerungszahl, ſo hat man die Länge eines Bogens für den Halbmeſſer = 1, welcher das Maas des halben Winkels fca an der Spitze abgiebt.

2. Man nehme das Quadrat von der Vergrößerungszahl, und alsdann $\frac{3}{8}$ von dieſem Quadrate, ſo hat man die Länge der Seitenlinie ca in Zollen. Alsdenn kann af = cd, und daraus ferner ad gefunden werden.

Z. B. nimmt man die größte Entfernung, in welcher man die Worte einer ſtark redenden Perſon noch verſtändlich hören kann, 400 Fuß an, und es ſoll das Sprachrohr die hinein geredeten Worte 5000 Fuß weit verſtändlich fortpflanzen; ſo findet man $12\frac{1}{2}$ als Vergrößerungszahl. Ferner iſt $\sqrt{2} = 1,414213$ und

und dieſe Zahl nach (1) durch 12,5 dividirt giebt 0,11313 für die Länge des mit dem Halbmeſſer = 1 beſchriebenen Bogens, der das Maas des Winkels fac abgiebt. Weil dieſer Winkel nur klein iſt, ſo iſt der Sinus nicht erheblich von dem eben gefundenen Bogen verſchieden, und man findet gleich fa, wenn man ca mit der Zahl 0,11313 multiplicirt.

Ferner iſt von 12,5 die Quadratzahl 156,25, und hiervon $\frac{3}{8}$ genommen giebt die Länge ca = 58,6 Zoll. Wird dieſe weiter mit 0,11313 multiplicirt, ſo findet man fa oder cd, 6,6 Zoll lang, und dieſe von 58,6 Zoll abgezogen geben die Länge da 52 Zoll, oder 4 Fuß 4 Zoll. Dies Sprachrohr vergrößert die Entfernung, in welcher die Worte einer laut redenden Perſon verſtändlich gehört werden können, $12\frac{1}{2}$ mal. Wäre die Stimme der Perſon nicht ſtark genug, um in einer Entfernung von 400 Fuß noch verſtanden zu werden, ſo würde man ihre Worte auch durchs Sprachrohr nicht in der Entfernung von 5000 Fuß verſtehen.

Drittes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche das Weltgebäude überhaupt betreffen.

Newton's Syſtem der Mechanik des Himmels, nach welchem er ſelbſt die damals bekannteſten Erſcheinungen der Weltkörper ſo ſchön erklärte, fand außer England anfänglich wenig Beyfall. Der vorzüglichſte Grund lag nach Clairaut, wie bereits oben angeführt worden, darin, daß ſeine Theorie von

von den wenigſten richtig verſtanden, und überhaupt von den meiſten nicht mit gehöriger Aufmerkſamkeit geleſen wurde. Indeſſen ſetzte doch dieſe Theorie das Syſtem des Copernicus voraus, welches beſonders noch durch Bradley's wichtige Entdeckung über die allmählige Fortpflanzung des Lichts auf eine direkte Weiſe beſtätigt wurde. Die meiſten franzöſiſchen Gelehrten hatten freylich noch eine zu große Vorliebe für das Carteſianiſche Syſtem, und gaben ſich daher außerordentliche Mühe, ſelbſt das von Newton entdeckte allgemeine Geſetz der Gravitation damit zu vereigen. So verfloſſen ſeit der Entdeckung des allgemeinen Geſetzes der Gravitation gegen 50 Jahre, ohne daß derſelben etwas merkwürdiges beygefügt wurde. Eine ſolche Zeit ſchien nöthig geweſen zu ſeyn, um dieſe große Wahrheit allgemein zu faſſen, und die Hinderniſſe zu überſteigen, welche ihr das Syſtem der Wirbel und vielleicht auch die Eigenliebe der Geometer, die Newton's Zeitgenoſſen waren, entgegenſetzte. Einer der erſten, welche Newton's Syſteme Beyfall gaben, war der Herr von Maupertuis. Dieſer ſtellt in ſeiner Schrift: Diſcours ſur les differentes figures des aſtres à Paris 1732. eine Vergleichung zwiſchen dem Syſteme der Wirbel und dem Newtonſchen an, und zeigt, daß ſich alle Erſcheinungen am Himmel nach dem letztern weit einfacher und natürlicher erklären laſſen, als nach dem Syſteme der Wirbel. Gleichwohl fand Newtons Syſtem noch keinen allgemeinen Eingang in Frankreich. Erſt gegen das Jahr 1740 fand ſich für daſſelbe ein glücklicherer Zeitpunkt ein. Die engliſchen Gelehrten, welche Newtons Syſtem vertheidigten, hatten nämlich behauptet, daß unſere Erde ein an beyden Polen abgeplattetes Sphäroid ſey, welche Geſtalt das Newtonſche Syſtem vorausſetzte. Dagegen wären

ren die franzöſiſchen Gelehrten einiger von ihnen geſmeſſenen Meridiangrade wegen ganz der entgegengeſetzten Meynung, welche folglich mit dem Newtonſchen Syſteme nicht vereinbar ſeyn konnte. Als aber endlich zu dieſer Zeit durch wirkliche Ausmeſſungen Newtons Meynung richtig befunden wurde, ſo fieng man auch auf einmal an, ſeine Theorie mit mehrerem Eifer zu ſtudiren. Ueberdem war ſeit dieſer Zeit die Analyſe zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gekommen, und die Mathematiker hatten den glücklichen Gedanken, dieſelbe auf dieſe Theorie anzuwenden. Auf ſolche Art wurde nicht allein Newtons Syſtem vollkommen beſtätigt, ſondern auch daſſelbe noch mehr erweitert und genauer beſtimmt, ſo daß auch keine einzige Erſcheinung, welche am Himmel beobachtet wurde, unerklärbar blieb. Erſt auf dieſe Weiſe waren die Aſtronomen im Stande, genauere Tafeln für die Bewegungen der Himmelskörper zu liefern. Dies iſt in der That der größte Triumph für Newtons Theorie, und man kann daher ſagen, daß dieſe der wahre Grund der phyſiſchen Aſtronomie iſt. Es erhellet zugleich hieraus, daß das Copernicaniſche Syſtem dadurch die höchſte Stufe der Wahrſcheinlichkeit erhält, die man als mathematiſche Wahrheit annehmen kann, da beſonders noch die Abplattung der Erde an den Polen einen direkten Beweis deſſelben abgiebt, als welche die Umdrehung der Erde um ihre Axe nothwendig vorausſetzt. Ich werde mich bemühen, ſo plan, als es der Gegenſtand ſelbſt zuläßt, alle dieſe Entwickelungen und Entdeckungen, ſo wie ſie nach und nach erfolgt ſind, zu erzählen, mich aber mehr aufs phyſiſche, als aufs mathematiſche beſchränken, obgleich hiebey das letztere von dem erſtern nicht allemal wohl getrennt werden kann, wenn man nicht unverſtändlich werden will.

New-

Newton t) ſetzte bey ſeinen Erklärungen der himmliſchen Erſcheinungen nach ſeinem Syſteme voraus, daß die Planeten bey ihren Bewegungen im Himmelsraume keinen Widerſtand erlitten, und beweißt dies daraus, weil die Luft 200 Meilen über der Erde ſchon 75 Billionen mal dünner, als an der Erdfläche ſey, und Jupiter in einem ſo dünnen Mittel eine Million Jahre laufen könnte, ehe er durch den Widerſtand deſſelben nur ein Milliontheilchen der ihm mitgetheilten Bewegung verliehren würde. Euler u) glaubte, Newton habe, um die Bewegung der Planeten nicht zu hindern, eine Leere im Himmelsraume angenommen, und wundert ſich darüber, da er doch dieſen Raum durch ſeine ausfließenden Lichtſtrahlen wieder mit einer Materie angefüllt habe, deren ſtete und heftige Bewegung den Lauf der Planeten unendlich ſtärker ſtöhren müſſe. Ein trauriges Beyſpiel menſchlicher Weisheit, ſagt er, die, um einer Schwierigkeit auszuweichen, oft auf eine weit größere Thorheit verfällt. Dieſes Urtheil über Newton iſt in der That zu hart. Keine einzige Stelle findet ſich in ſeinen Schriften, wo eine abſolute Leere im Weltraume behauptet würde; vielmehr redet er, wie ſchon oben angeführt iſt, an mehreren Stellen von einem ſehr feinen Mittel (Aether), welches ſelbſt der luftleere Raum enthalte; er ſtreitet blos gegen des Des Cartes abſoluten und ohne alle leere Zwiſchenräume erfüllten Raum, eben weil er die atomiſtiſche Lehre begünſtigte. —

Euler

t) Philoſ. natur. princip. math. L. III. prop. 10.

u) Nova theoria lucis et colorum in Opuſc. var. argum. Berol. 1746. 4. p. 169. ſqq. und Lettres à une princeſſe d'Allemagne. lettre 18.

Euler ſuchte des Huygens behaupteten Aether durch eine fruchtbare Rechnung, welche ihn als Mathematiker in ſeiner ganzen Größe zeigt, allgemeinen Eingang zu verſchaffen, und machte ſich von ihm dieſe Vorſtellung: er ſey eine höchſt feine, flüſſige, elaſtiſche Materie, und fülle vermöge ſeiner Elaſticität ſo wohl die Himmelsräume, als die Zwiſchenräume der Körper aus. Wie er hieraus die meiſten und erhabenſten Erſcheinungen der Natur erklärt, ſoll an den gehörigen Orten umſtändlich erzählt werden. Euler hatte auch wirklich das Glück, daß die meiſten Naturforſcher ſeiner Vorſtellung gemäß das Daſeyn des Aethers behaupteten. Hier kam es nun vorzüglich auf die Frage an: ob der Aether, wenn er wirklich vorhanden ſey, durch den Widerſtand, welchen er den Bewegungen der Planeten entgegenſetzt, einige Veränderungen hierin verurſachen werde? Man hatte zwar bisher faſt alle Erſcheinungen, welche ſich bey den himmliſchen Bewegungen vorfanden, mit Hülfe des Newtonſchen Syſtems glücklich entwickelt, demungeachtet aber fanden die Aſtronomen noch einige Bewegungen, beſonders die mittleren Bewegungen der Planeten und ihrer Trabanten, welche ſich noch nicht mit dieſer Theorie wollten vereinigen laſſen. Da man nun hievon weiter keine Urſache entdecken konnte, ſo glaubte man, ſie rühren vom Widerſtande des Aethers her. Euler [v]) vermuthet, daß durch dieſen Widerſtand hauptſächlich die großen Axen der Planetenbahnen und die Umlaufszeiten verkürzt würden, und nimmt an, das Sonnenjahr werde alle Jahrhunderte etwa um 5 Sekunden kürzer. Inzwiſchen gab es aber doch auch einige Aſtronomen, welche behaupteten, daß vielleicht die Unvollkom-

v) De relaxatione motus planetarum a reſiſtentia aetheris ortu in Opuſc. Tom. I. n. 4.

kommenheit der Analyſe es nicht zulaſſe, alle mögliche Aufgaben des Himmels in möglichſter Strenge aufzuløſen, und die Beobachtungen unter die richtigen Sätze der Newtonſchen Theorie zu bringen. Um alſo dieſe Zweifel zu heben, gab die Pariſer Akademie der Wiſſenſchaften für das Jahr 1763. die Frage auf: ob die Planeten ſich in einem Mittel bewegten, deſſen Widerſtand eine beträchtliche Wirkung in ihren Bewegungen hervorbringen könne? Der Abbé Boſſut w) erhielt den Preis, und Albert Euler das Acceſſit.

Boſſut leitete aus ſeinen Formeln folgende Reſultate her:

1. Wenn die Sonnennähe und Sonnenferne der Planetenbahnen einige Bewegung haben, ſo kann hieran der Widerſtand des Aethers nicht ſchuld ſeyn.

2. Dieſer Widerſtand ſuche blos ohne Unterlaß die große Axe der Bahnen zu vermindern, ohne jedoch eine merkliche Wirkung hervorzubringen.

Dieſe Reſultate finden ſtatt, die Eccentricität mag ſehr groß ſeyn, wie bey den Cometenbahnen, oder ſehr gering, wie bey den Planeten. Denn ſo lange die große Axe der Bahnen, oder welches auf eins heraus komme, der Radius Vektor der Planeten und Cometen beſtändig verkürzt werde, ſo müßten auch die Umlaufszeiten eine Verminderung erleiden. Dies folgt unmittelbar aus Boſſut's Formeln, und iſt ſelbſt eine Folge der Keplerſchen Regel, nach welcher bekann-

tet

w) Recueil des pièces, qui ont remporté le prix de l'Acad. roy. Tom. VIII. *Boſſut* recherches ſur les alterations, que la reſiſtance de l'éther peut produire dans les mouvemens moyens des planètes. Charleville 1766. 4.

ter Maaßen die Umlaufszeiten ſich wie die Quadratwurzeln aus den Würfeln der großen Axen der Bahnen verhalten. Wenn der Widerſtand des Aethers wirklich eine ſolche beträchtliche Wirkung hervorbrächte, ſo würden die Kometen, welche in der Sonnennähe der Sonne ſehr nahe ſind, ſich endlich in dieſes Geſtirn ſtürzen; das nämliche Schickſal würden auch mit der Zeit die Planeten haben.

Zuletzt ſtellt Boſſut mit ſeiner Theorie und mit den Beobachtungen, welche über die Bewegungen der Planeten und ihrer Begleiter gemacht worden ſind, Vergleichungen an, und glaubt, daß die ungleich beobachteten mittleren Bewegungen dieſer Himmelskörper eine Wirkung des Widerſtandes des Aethers ſeyen. Für den Mond insbeſondere, bey welchem die Ungleichheiten der mittleren Bewegung ſo beträchtlich waren, führt er für ſeine Meynung folgende Gründe an:

1. In derjenigen Formel, welche die Geometer aus dem Princip der Anziehung hergeleitet hätten, um die Stelle des Mondes zu finden, fände man keinen Ausdruck, welcher die Beſchleunigung der mittleren Bewegung darſtellte. Dieſe Beſchleunigung könne man nicht von der Anziehung irgend eines Kometen herleiten, weil dieſe beſtändig wäre, und daher immer mit einer gleichen Kraft wirken müßte. Sie ſcheine alſo bis jetzt nach der Theorie der Anziehung unerklärbar.

2. Das Daſeyn des Aethers in dem Himmelsraume ſey keinem Zweifel unterworfen; denn wenn man auch nicht zugeben wollte, daß die Sonne eine ähnliche Atmoſphäre, wie unſere Erde, beſäße, ſo müßte doch diejenige Materie, welche das Licht bilde, beſtändig alle Räume ausfüllen. Es ſey aber unmöglich zu denken, daß eine flüſſige Materie, ſo fein man ſie

ſich

ſich auch vorſtelle, gar keinen Widerſtand gegen beweg- te Körper ausüben ſollte.

3. Wenn man die ſekulairen Gleichungen für den Mond unterſuche, ſo finde man eine genaue Uebereinſtimmung mit ſeiner Theorie. Allein, frägt er, könnte nicht vielleicht dieſe Uebereinſtimmung zufällig ſeyn, und daher keinesweges anzeigen, daß die Veränderung der mittleren Bewegung des Mondes eine Wirkung des Widerſtandes des Aethers ſey?

4. Nähme man an, die Beſchleunigung der mittleren Bewegung des Mondes werde wirklich von dem Widerſtande des Aethers verurſacht, ſo finde man, daß die Beſchleunigung der mittlern Bewegung der Erde, welche durch den nämlichen Widerſtand bewirkt werde, ſehr gering ſey, und wenigſtens während einer langen Zeit unmerklich bleibe. Seine Erklärung gründe ſich daher auf direkte Beobachtungen, und werde durch indirekte beſtätigt.

Dieſen Gründen zu Folge, fährt Boſſut fort, könne man gar nicht mehr zweifeln, daß nicht der Widerſtand des Aethers die mittlere Bewegung des Mondes verändere, mithin auch nach einer natürlichen Folge die der Erde. Nach der Analogie ließe ſich daher ſchließen, daß dies auch bey den übrigen Planeten ſtatt finde.

Herr de la Lande [x]) urtheilte dagegen: bisher beweiſe noch nichts einen Widerſtand der ätheriſchen Materie, und nach dem Eingeſtändniſſe aller Aſtronomen müßten die Himmelskörper, wenn nicht in einem ganz leeren Raume, wenigſtens in einer Materie ſich befin-

w) Aſtronomiſches Handbuch §. 1059.

befinden, deren Wirkung unmerklich, und die für uns eben ſo, als ein leerer Raum anzuſehen iſt.

Boſſut's Gründen wurde aber bald widerſprochen, beſonders in Anſehung der Bewegung des Mondes; denn im Jahre 1768 ſchien die Pariſer Akademie der Wiſſenſchaften, welche über dieſen Gegenſtand eine Aufgabe vorlegte, gerade das Gegentheil von Boſſut's Meynung vorauszuſetzen; denn es könnte ſehr wohl möglich ſeyn, daß die Beſchleunigung des Mondes eben ſo wohl, wie die Beſchleunigung des Jupiters, durch eine Anziehung von derſelben Natur bewirkt werden könne, als diejenige, welche die Verzögerung des Saturns verurſache.

Die Folge dieſer Geſchichte wird zeigen, daß alle dieſe Erſcheinungen ſehr glücklich aus Newtons Theorie erklärt worden ſind; und obgleich der Mond, das nächſte Geſtirn unſerer Erde, den Aſtronomen am meiſten zu ſchaffen gemacht hat, ſo ſind doch ſeine bis jetzt bekannten Erſcheinungen nach Newtons Theorie hinreichend erklärt worden.

Sonne.

Bisher war man noch nicht ſo glücklich geweſen, die Entfernung der Sonne von der Erde mit möglichſt größter Genauigkeit zu finden. Die zu dieſer Beſtimmung nöthige Sonnenparallaxe war noch nicht übereinſtimmend genug gefunden worden, um daraus mit Zuverläſſigkeit berechnen zu können, wie weit die Sonne von der Erde entfernt iſt. De la Caille berechnete aus ſeinen eigenen Beobachtungen am Vorgebürge der guten Hofnung, mit den gleichzeitigen von Wargertin zu Stockholm und mit noch mehreren an andern Orten angeſtellten verglichen für den 14ten Septemb. 1751,

die

die Parallaxe des Mars auf 26,8 Sekunden; die Entfernung des Mars von der Erde verhielt ſich zu dieſer Zeit wie 382 zu 1000, wodurch ſich die Sonnenparallaxe $10\frac{1}{4}$ Sekunde ergab.

Weil die Venus in ihrer untern Conjunktion noch der Sonne um ein anſehnliches näher, als der Mars, kommt, ſo ließe ſich aus gehörigen Beobachtungen die Sonnenparallaxe noch weit vortheilhafter finden. Allein es ereignen ſich hier Schwierigkeiten, die Venus wegen ihres nahen Standes bey der Sonne gehörig zu beobachten. Indeſſen haben doch Bianchini, Maraldi und de la Caille auch dieſe Methode benuzt, und erſterer fand die Sonnenparallaxe 14 Sekunden, und letzterer $10\frac{1}{4}$ Sekunden.

Endlich aber wurden die Aſtronomen in den Jahren 1761 und 1769 auf die zu erwartenden ſeltenen Himmelsbegebenheiten, nämlich auf den Durchgang der Venus durch die Sonnenſcheibe, aufmerkſam, um hieraus die Sonnenparallaxe mit möglichſter Genauigkeit zu beſtimmen. Auch haben uns ihre Bemühungen und die wirkſamen Unterſtützungen der Regenten und Akademieen, beſonders im Jahre 1769, Reſultate verſchafft, mit welchen wir in Rückſicht auf die Entfernungen und Größen der Weltkörper ſehr zufrieden ſeyn können. Die königliche Societät zu London ließ im Jahre 1769 in der Hudſonsbay und auf der Inſel Taiti in der Südſee, der franzöſiſche Hof durch den Abt Chappe in Californien, der däniſche durch den P. Hell zu Wardhus in Lappland, und der ſchwediſche durch Planmann zu Cajaneburg in Finnland beobachten; aus dieſen 5 Beobachtungen brachte de la Lande die Sonnenparallaxe zwiſchen die Grenzen 8,6 und 8,5 Sekunden. So enge aber auch dieſe

Grenzen ſind, ſo haben doch die Beobachtungen noch einige Ungewißheit zurückgelaſſen. Da nämlich die Beobachtungen an ſo verſchiedenen Orten angeſtellt waren, ſo ergeben ſich daraus für die Parallaxe verſchiedene Reſultate, je nachdem man dieſes oder jenes Paar der Beobachtungen zum Grunde der Rechnung legte. Es entſtanden hierüber Streitigkeiten, wobey es aber vorzüglich darauf ankam, welche Beobachtungen die richtigſten ſind. Der P. Hell [x]) empfohl die ſeinigen zur Grundlage der Berechnungen; allein de la Lande [y]) hielt es für rathſamer, die Sonnenparallaxe lieber aus Planmanns Beobachtungen abzuleiten, und beſtimmte daraus die mittlere Sonnenparallaxe auf 8,63 Sekunden. Gegen die zu Cajaneburg angeſtellte Beobachtung und der daraus von de la Lande beſtimmten Parallaxe zeigte aber der P. Hell [z]) Fehler, und ſetzte, aus Vergleichung ſeiner zu Wardhus angeſtellten mit einigen amerikaniſchen und aſiatiſchen Beobachtungen, die mittlere Parallaxe auf 8,70 Sekunden. De la Lande gab auch wirklich damals nach, und erklärte ſeinen Streit mit P. Hell im Journal des ſavans 1773 für beygelegt; gleichwohl hat er in ſeiner neueſten Ausgabe der Aſtronomie ſeine vorigen Beſtimmungen, deren Fehler von Hell erwieſen ſind, beybehalten. Auch kam der P. Hell mit Lexell in Petersburg darüber in einen Streit. In einem Schreiben an ihn ſetzt er die Grenzen 8,67 und 8,73, mit der Aeußerung: Wardhus und Taiti würden die Stützen bleiben, auf welche ſich unſere Kenntniß der Größe des Sonnen-

x) Obſervat. tranſitus Veneris Wardoehuſii facta. Hafn. 1770. und in Ephem. Vien. 1771.

y) Mémoir. ſur le paſſage de Venus. à Par. 1772.

z) De parallaxi ſolis. App. Ephemer. an. 1772.

Sonnenſyſtems gründe [a]). Ob nun wohl der P. Hell mehr Recht, als de la Lande zu haben ſcheint, ſo trauet er doch ſeiner Beſtimmung von 8,70 zu große Zuverläſſigkeit zu, wenn er ſie innerhalb eines Hundertheils einer Sekunde ſicher erklärt.

Die vornehmſten aus den Beobachtungen von 1769. gezogenen Beſtimmungen der Sonnenparallaxe ſind folgende:

Fixtmillner	8,54	Sekunden	
de la Lande	8,60	—	[b])
Lexell	8,63	—	[c])
Euler	8,68	—	[d])
Hell	8,70	—	
Hornsby	8,78	—	[e])
Pingré	8,80	—	[f])
du Sejour	8,81	—	[g])

Hiernach giebt folgende Tabelle die Entfernung der Sonne von der Erde in Erdhalbmeſſern und deutſchen Meilen an, woraus zugleich erhellet, wie viel bey dieſen Beſtimmungen auf geringe Theile einer Sekunde ankömmt.

Son=

a) Beyträge zur praktiſchen Aſtronomie in verſchiedenen Beobacht. Abhandl. und Method. aus den aſtronom. Ephemerid. des Herrn Abbe' Hell gezogen, und aus dem Latein. überſ. von Jungnitz. B. IV. Bresl. 1794. 8.

b) Aſtronom. §. 2151.

c) Comment. Petropol. T. XVII.

d) *de la Lande* aſtronom. §. 2150.

e) Philoſ. Tranſ. Vol. LXI.

f) *de la Lande* aſtron. §. 2150.

g) Traité analytique. T. I. 1786.

Sonnenparallaxe	Entfernung der Sonne in Erdhalbmeſſern.	In deutſchen Meilen, den Halbm. = $859\frac{1}{2}$ Meil. geſetzt.
8,54 Sekund.	24152	20809000
8,60 —	23983	20614000
8,63 —	23900	20543000
8,68 —	23762	20424000
8,70 —	23702	20372000
8,78 —	23492	20191000
8,80 —	23438	20145000
8,81 —	23412	20123000

Das Mittel aus allen dieſen Parallaxen iſt ſehr nahe 8,70, mithin mit Hells Beſtimmung übereinſtimmend, welches die mittlere Entfernung der Sonne von der Erde 23702 Erdhalbmeſſer oder 11851 Durchmeſſer der Erde giebt, d. h. 11851 an einander gelegte Erdkugeln würden von hier aus die Sonne erreichen.

Der ſcheinbare Sonnendurchmeſſer wird im Sommer beſtändig kleiner als im Winter gefunden. Da aber bey uns im Sommer die Sonne in größern Höhen beobachtet werden kann, wobey die Strahlenbrechung weniger Einfluß hat, ſo ſetzt man auch auf die Beobachtungen des Sonnendurchmeſſers im Sommer mehr Zutrauen, als auf die im Winter. Caſſini [h]) fand

am 23 Dec. 1732 den größten 32′ $37\frac{1}{2}$″
am 30 Jun. 1735 den kleinſten 31′ $32\frac{1}{2}$″

Bradley und de la Lande geben den kleinſten 31′ 30″, 5; letzterer ſieht es aber als möglich an, daß bey ſeinem Heliometer die Abweichung den Durchmeſſer um 2 bis 3 Sekunden möchte vergrößert haben. Short fand mittelſt eines achromatiſchen Objectivmikrome-

h) Elem. de l'aſtron. Liv. I. chap. 2.

krometers an einem Spiegelteleſkope von 2 Fuß den kleinſten Sonnendurchmeſſer 31′ 28″. Indeſſen nimmt de la Lande [i]) den größten Durchmeſſer 32′ 36″, und den kleinſten 31′ 31″ an, woraus der mittlere 32′ 3½″ gefunden wird, welchen de la Lande in den Tafeln ſelbſt zu 31′ 57½″ annimmt.

Sezt man mit de la Lande die mittlere Sonnenparallaxe = 8,5 Sek. und den mittlern Sonnendurchmeſſer = 31′ 57½″ = 1917″, 5, ſo wird das Verhältniß des Erddurchmeſſers zum Sonnendurchmeſſer = 17 : 1917,5 = 1 : 112,79, oder es iſt der Sonne Durchmeſſer 112,79 mal größer als der der Erde. Betrachtet man nun die Sonne als eine Kugel, ſo läßt ſich ſehr leicht das Verhältniß ihrer Oberfläche und des körperlichen Raums gegen die Oberfläche und den Raum der Erde berechnen. Man findet nämlich die Sonne

an Oberfläche 12,723 mal und
an körperl. Raum 1,435,025 mal größer

als die Erde. Der Erddurchmeſſer enthält 1719 geographiſche Meilen, mithin wird der Sonnendurchmeſſer, welcher 112 mal größer iſt, 193886 ſolcher Meilen betragen. In einem ſolchen ungeheuern Körper ließe ſich alſo die Erdkugel an 112 mal in gerader Linie legen, und wenn der ganze körperliche Raum einer Kugel, deren größter Kreis die Mondbahn vorſtellt, mitten in den körperlichen Raum der Sonne geſtellt würde, ſo würde dieſer von jenem nicht ausgefüllt, ſondern es würde rings herum noch ein Raum für 25 Erdkugeln übrig bleiben.

Nachdem die Entfernung der Sonne von der Erde ziemlich genau beſtimmt war, ſo konnte auch die Kraft,

i) Aſtronomie §. 1230.

Kraft, mit welcher die Sonnenmaſſe andere Körper in gewiſſen Entfernungen anzieht, viel genauer, als es Newton thun konnte, berechnet werden. De la Lande gab dieſe Kraft 365412 mal größer, als die Schwere der Erdkörper bey gleicher Entfernung vom Mittelpunkte, an, d. h. ein Körper, welcher auf unſerer Erde 1 Pfund wiegt, würde von der Sonne mit einer Kraft von 365412 Pfund getrieben werden, wenn er von dem Mittelpunkte der Sonne nicht weiter entfernt wäre, als er hier auf der Erde von dem Mittelpunkte derſelben entfernt iſt. Brächte man alſo einen ſolchen Körper auf die Oberfläche der Sonne, ſo würde er von ihrem Mittelpunkte etwa 112 mal weiter abſtehen, als er von dem Mittelpunkte unſerer Erde entfernt wäre. Vermöge des Geſetzes der Gravitation würde alſo ſeine Schwere gegen die Sonne im Verhältniſſe des Quadrats von 112 abnehmen d. h. 12544 mal geringer werden. Daraus folgt, daß die Schwere der Körper auf der Sonne $\frac{365412}{12544}$ oder etwa 29 mal größer, als auf unſerer Erde, ſeyn würde. Sie würden alſo in der erſten Sekunde durch $29 \times 15{,}0957$ d. i. etwa durch 434 Pariſ. Fuß fallen. Weil ſich ferner die Dichtigkeiten bey kugelförmigen Körpern wie die Maſſen dividirt durch die Würfel ihrer Durchmeſſer verhalten, ſo würde hieraus die Dichtigkeit der Sonne $\frac{365412}{1404928}$ d. i. etwa 0,25 mal geringer, als die Dichtigkeit der Erde, folgen. Dieß ſind Reſultate, welche ſchon viel genauer ſind, als Newton ſie hat angeben können.

Auch hatte nach Newtons Syſtem bereits Halley [k]) Sonnentafeln berechnet, welche mit dem wahren Laufe der Sonne weit mehr zuſammenſtimmten, als

k) Halley's richtige Sonnentabelle in den verbeſſert. ſtyl. curr. reducirt von Schuhmacher. Jena 1763.

als die älteren Tafeln, bey welchen auf keine gegenſeitigen Einwirkungen der Planeten und der Erde in ihren verſchiedenen Stellungen war Rückſicht genommen worden. Noch größere Genauigkeit erhielten dieſe Tafeln, nachdem man dieſe gegenſeitigen Einwirkungen beſtimmter zu entdecken und auf richtigere Formeln zurückzubringen ſuchte. So entſtanden die Sonnentafeln des de la Caille [l]) und vorzüglich die von Tobias Mayer [m]).

Daß ſich die Sonne um ihre Axe wälze, hatte bereits Caſſini aus den Umſtänden der Umdrehung der Sonnenflecken am beſten und natürlichſten gezeigt (Th. II. S. 519. ff.). Nachher ſind noch mehrere Methoden, dieſe Umdrehung zu beſtimmen, bekannt geworden. Eine der erſten lehrte Hauſen [n]), durch Zeichnung aber de l'Isle [o]). Formeln zur Berechnung in der Vorausſetzung, daß die Flecken von der Sonne etwas abſtehen, giebt Joh. Albr. Euler [p]); in der Vorausſetzung hingegen, daß ſie auf der Fläche der Sonne ſind, führen de Silvabelle [q]) und Käſtner [r]) Formeln an. Lambert [s]) hat wieder

l) Tabulae ſolares. Paris. 1748. und in Hells append. ad Ephemer. Vien. 1767.

m) Berliner Sammlung aſtronom. Tafeln. 1776. 8. B. I. S. 225. f.

n) Theoria motus ſolis circa proprium axem. Lipſ. 1726. 4.

o) Mémoir. pour ſervir à l'hiſtoire et aux progrès de l'Aſtron. à St. Petersb. 1738. 4. p. 138. ſqq.

p) Nov. comment. Petropol. T. XII. p. 273.

q) Mémoir. préſentés à l'Acad. des ſcienc. T. IV.

r) Nov. comment. Goetting. T. I. 1770. p. 110.

s) Berliner Ephemeriden für 1780. Samml. S. 188.

wieder Verzeichnungen vorgeſchlagen. Ein ſchätzbarer Aufſatz über die Sonnenflecken iſt von de la Lande [t]), der ſo wohl ſeine eigene als anderer Beobachtungen und Methoden anführt, ſammlet, vergleicht und prüft. Aus Vergleichung mehrerer Beobachtungen ſetzt er die Knoten des Sonnenäquators nicht in den 10ten, ſondern in den 18ten Grad der Zwillinge und des Schützen, und giebt die Neigung des Sonnenäquators gegen die Ekliptik 7° 20′, und die Zeit der Umwälzung, ſo gut ſie ſich aus den bisherigen Beobachtungen beſtimmen läßt, 25 Tage 10 Stunden an.

Weil die Ebene des Sonnenäquators die einzige bekannte iſt, deren Lage unveränderlich iſt, ganz allein durch die Umdrehung des Hauptkörpers beſtimmt wird, und von allen Beziehungen auf andere Körper frey iſt, ſo that der jüngere Caſſini [u]) den Vorſchlag, die Stellung der Planeten lieber auf den Sonnenäquator, als auf die Ekliptik, wie bisher geſchehen war, zu beziehen. Man hat aber gegen dieſen Vorſchlag eingewendet, daß die Ebene des Sonnenäquators durch ſeine, nicht gar zu leichte und ſichere Beobachtungen beſtimmt werden müſſe; mithin möchte es daher nicht ſo zuverläſſig ſeyn, die Planetenbahnen auf ihn zu beziehen, als auf die Ebene der Ekliptik, obgleich dieſe ſelbſt nur eine Planetenbahn ſey.

Ueber die Natur der Sonnenflecken und der Sonne ſelbſt ſind die Meynungen der Aſtronomen und Phyſiker in dieſem Zeitraume ebenfalls verſchieden geweſen. Hauſen muthmaßte, die Sonnenflecken könnten Stücke aus dem Innern der Sonne, das nicht glühe, ſeyn,

t) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1777.
u) Ibid. an. 1734.

ſeyn, welche durch eine Gewalt, wie bey uns die Vulkane darſtellen, auf die Oberfläche der Sonne geworfen würden.

De la Lande bemerkt, wenn es frey bewegliche Körper wären, ſo möchte wohl ihre Bewegung nicht ſo regelmäßig ſeyn, daß man aus ihr die Umwälzung der Sonne um ihre Axe ableiten könnte; auch würde ſie der Schwung, den dieſe Umwälzung verurſache, anders treiben; er hält ſie vielmehr mit de la Hire für Körper, die mit der Sonne wirklich verbunden ſind.

Herrn Bode's Meynung iſt folgende [v]). Die Sonne hält er für einen an ſich dunkeln Körper, wie unſere Erde, der aus Waſſer beſteht, Berge und Thäler beſitzt, und in einer Atmoſphäre eingehüllt iſt. Um dieſen Körper befindet ſich aber die Lichtmaterie im verdichtetſten Zuſtande, die um ſelbigen, wie die Luft um unſere Erde, ſtröhmt. Dieſe Lichtmaterie zieht ſich zuweilen zurück, und verſtattet uns die ſo entblößten dunkeln Theile ihrer Oberfläche zu beobachten. Sind dieſe entblößten Theile der Sonne ſo beſchaffen, daß ſie nur wenig Licht zurückwerfen, wie z. B. ein Meer, ein ſchattiges Thal, eine Vertiefung, ſo erblicken wir einen mehr oder weniger dunkeln Flecken; ſind es ſolche, welche mehr Licht zurückſenden, z. B. ſandichtes Erdreich, ſo ſehen wir einen weißlichen Fleck oder eine Sonnenfackel. Die Nebel ſind entweder wirklich hellere Theile auf der Sonnenfläche, welche den dunkeln Flecken der Mitte, der vielleicht eine Grube iſt, umſchließen, oder ſie entſtehen daher, daß der Lichtüberzug

v) Beſchäftig. der Berliner Geſellſch. naturforſchender Freunde. B. II. Berlin 1766. 8. S. 225. f.

zug um die Ränder der Oefnung ſehr dünn iſt, und die dunkeln Flecken durchſchimmern läßt.

Alexander Wilſon w) hält die Sonnenflecken für koniſche Gruben in der Sonnenfläche, und die Nebel für den Abhang um den obern Theil der Grube. Seinen Beobachtungen zu Folge zeigen die Flecken, wenn ſie mehr an den Sonnenrand kommen, an der äußerſten Seite eine Dunkelheit, die allmählig in Licht übergeht, an der innern aber iſt das Dunkele vom Hellen durch eine ſcharfe Linie begrenzt. Vollkommen ſo müſſen dunkele Vertiefungen auf einer hellen Kugel erſcheinen. Er ſieht alſo die Sonne als einen dunkeln Körper mit einem leuchtenden Ueberzuge an; die Oberfläche des Körpers beſitze eine Unebenheit, der leuchtende Ueberzug trenne ſich bisweilen, und laſſe ſolche Tiefen leer, fließe aber endlich darüber. Auch verſichert Kratzenſtein x), dieſes grubenähnliche Anſehen der Flecken ſchon ſeit 1769 wahrgenommen zu haben.

Die erſten Beobachter des von Dominicus Caſſini entdeckten Zodiakallichts vermutheten ſogleich, daß dies nichts weiter ſey, als die Atmoſphäre der Sonne. Der Herr von Mairan y) hat alles, was zur Beſchreibung und Erklärung dieſes Lichts gehört, mit vielem Scharfſinn ausgeführt. Er hält es ſeinem Geſichte nach für ſtärker und dichter, als das Licht der Milchſtraße, beynahe täglich gleichförmig, oftmals weniger glänzend, und gegen den Horizont zu gelblich oder

w) On the ſolar ſpots in Philoſ. Tranſact. Vol. LXIV. P. I. p. 1.

x) Acta litter. univerſ. Hafnienſ. 1778. n. V.

y) Traité phyſ. et hiſtor. de l'aurore boreale in den Mémoir. de Paris an. 1731. und beſonders an. 1733. 4.

oder röthlich; dies leztere aber könne ohne Zweifel von Dünſten oder Nebeln nahe am Horizonte herrühren.

Nach allen von Mairan gemachten Beobachtungen und Unterſuchungen iſt nicht zu zweifeln, daß das Zodiakallicht eine entweder ſelbſt leuchtende oder von der Sonne erleuchtete Atmoſphäre ſey, welche in Form eines ſehr abgeplatteten linſenförmigen Sphäroids die Sonne ſo umgiebt, daß ſie nach der Richtung der Axe der Sonnenumdrehung die geringſte, und nach der Richtung des Sonnenäquators, welche mit der Ekliptik einen Winkel von $7\frac{1}{2}$ Graden macht, die größte Ausdehnung hat.

Wenn die Erdkugel nicht ſelbſt in das Thierkreislicht eingeſenkt iſt, ſo müſſen uns die Grenzen deſſelben täglich ſichtbar werden, und wir müſſen ſeinen weſtlichen Theil des Morgens vor Sonnenaufgang und den öſtlichen des Abends nach Sonnenuntergang in Geſtalt eines zugeſpizten Streifens (fuſeau) erblicken. Allein oft iſt die Lage des Thierkreiſes gegen den Horizont ſo flach, daß ſich dies Phänomen ganz in der Dämmerung verliert. Dagegen macht um den Anfang des Märzes, wenn der Frühlingspunkt im Abendhorizonte ſteht, die Ekliptik mit dem Horizonte einen Winkel von $38\frac{2}{3} + 23\frac{1}{2}$, d. i. von mehr als 62 Graden, und weil wir zu eben der Zeit auch die kürzeſte Dämmerung haben, ſo wird das Zodiakallicht, wenn die leztere aufhört, gegen Weſten ſichtbar, erhebt ſich gegen die linke Hand in Geſtalt einer ſchiefliegenden Pyramide, und geht durch die Sterne am Bande der Fiſche und den Kopf des Wallfiſches, beym Widder vorbey bis an die Hyaden im Stier. Im Gegentheil iſt die Erſcheinung um dieſe Zeit des Morgens, da die Ekliptik gegen den Horizont eine ſehr flache Lage hat, gar nicht zu erkennen.

Um die Mitte des Oktobers aber zeigt ſich das Zodiakallicht am beſten vor der Morgendämmerung, wenn der Herbſtpunct im öſtlichen Horizonte ſteht. Es geht alsdann gegen die rechte Hand ſchräg aufwärts durch den Löwen und Krebs bis an die Zwillinge, und iſt dagegen um dieſe Zeit des Abends nicht zu erkennen.

In den Ländern der heißen Zone machen Aequator und Ekliptik mit dem Horizonte immer ſo große Winkel, und die Dämmerungen ſind ſo kurz, daß das Zodiakallicht faſt das ganze Jahr hindurch Morgens und Abends ſichtbar iſt, wenn es nicht das Licht des Mondes und die trübe Luft verhindern. Zuweilen ſieht man es ſenkrecht auf den Horizont, und ſehr lebhaft, wie es auch de la Caille auf ſeiner Reiſe nach Africa wahrgenommen hat.

Uebrigens iſt der Herr von Mairan der Meynung, daß die Materie dieſes Lichts eine von dem ätheriſchen Mittel verſchiedene Materie ſey; ſie müſſe aber ſehr fein ſeyn, die Sonne überall, vornämlich aber wegen ihrer ſchnellen Axenumdrehung bis auf einer großen Weite längſt der Fläche ihres Aequators hinaus, umgeben, entweder ihr eigenes Licht haben, oder von der Sonne ſtark erleuchtet werden.

Mond.

Bisher war noch niemand auf den Gedanken gekommen, daß vielleicht der Mond nicht um die Erde, ſondern vielmehr dieſe um jenen laufe. Dies letztere hatte wirklich ein gewiſſer Benediktiner, Jakob Alexander[z]), zur Erklärung der Ebbe und Fluth behauptet.

z) Diſſ. ſur les cauſes de flux et reflux de la Mer. à Bourdeaux. 1726.

tet. Es iſt zwar nicht zu läugnen, daß nach dieſer letzten Vorausſetzung dieſelben Erſcheinungen erfolgen würden; allein der Herr von Mairan [a]) hat dieſen ſeltſamen Gedanken umſtändlich widerlegt, und gezeigt, daß es aller Analogie zuwider laufen würde, wenn man den Mond für den Hauptkörper, und die weit größere Erde für ſeinen Nebenplaneten annehmen wollte.

Um auch die Entfernung des Mondes von der Erde ſo genau als möglich zu erhalten, haben die neuern Aſtronomen ſich bemühet, die Methoden, die Parallaxen zu finden, zu verbeſſern, und genauer übereinſtimmende Beobachtungen anzuſtellen. Godin [b]) hatte die größte Horizontalparallaxe 60′ 35″ und die kleinſte 57′ 56½″ gefunden. Nachher ſind von einigen Aſtronomen andere hievon etwas abweichende Reſultate aus ihren Beobachtungen und Rechnungen gefolgert worden. Da es aber hiebey vorzüglich auch darauf ankam, übereinſtimmende Beobachtungen anzuſtellen, ſo wurden endlich im Jahre 1751. dergleichen von de la Caille auf dem Vorgebürge der guten Hofnung und von de la Lande zu Berlin gemacht [c]), woraus ſich die größt möglichſte Horizontalparallaxe des Mondes 61′ 32″, die kleinſte 54′ 2″ gefunden hat. Daraus ergiebt ſich nun die größte Entfernung des Mondes von der Erde 63,62, die kleinſte 55,87 Erdhalbmeſſer, daß man alſo die mittlere Entfernung etwa auf 60 Erdhalbmeſſer oder 30 Erddurchmeſſer ſetzen kann. Da dieſe Beſtimmung der Parallaxe bis auf 2″ gewiß an-

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1727.

b) Ibid. an. 1732.

c) Mém. ſur la parallaxe de la lune ebendaſ. an. 1752. 1753. 1756.

angenommen werden kann, welches von der ganzen mittlern Parallaxe etwa $\frac{1}{1800}$ ausmacht, ſo kann man die daraus gefundene Entfernung des Mondes bis auf $\frac{1}{1800}$ d. i. bis auf 29 Meilen für zuverläſſig halten.

Aus dieſer Beſtimmung läßt ſich nun auch ſehr leicht die Größe des Mondes nebſt der Schwere auf ihm ziemlich genau angeben. Der ſcheinbare Durchmeſſer des Mondes beträgt nämlich im Mittel genommen in der Erdferne 29′ 32″, und in der Erdnähe 32′ 58″. In der leztern iſt nun ſeine Horizontalaxe 1° 0′ 29″ d. h. der Halbmeſſer der Erde wird aus dem Monde unter einem Winkel von 1° 0′ 29″, mithin ihr Durchmeſſer unter 2° 0′ 58″ geſehen. Da ſich für einerley Augenblick die ſcheinbaren Durchmeſſer, der Erde aus dem Monde, und des Mondes aus der Erde geſehen, wie die wahren Durchmeſſer verhalten müſſen, ſo findet man die leztern im Verhältniſſe 2° 0′ 58″ : 32′ 58″ = 7258″ : 1978″ = 1 : 0,2726 oder = 11 : 3; folglich iſt der wahre Durchmeſſer des Mondes = 0,2726 oder $\frac{3}{11}$ des Erddurchmeſſers, und die Erde iſt

im Durchmeſſer $3\frac{1}{2}$ mal
an Oberfläche 14 mal
an körperlichen Raum 50 mal

größer, als der Mond. Würde alſo der Erddurchmeſſer = 1719 geographiſche Meilen geſezt, ſo würde der Durchmeſſer des Mondes 468,6 ſolcher Meilen betragen.

Um die Schwere der Körper gegen den Mond und die Dichtigkeit deſſelben zu finden, hatte Newton angenommen, daß ſich die anziehende Kraft des Mondes zu der der Sonne gegen unſere Erde wie $4\frac{1}{2}$: 1 verhalte. (Th. II.

(Th. II. S. 530.). Johann Bernoulli beſtimmte aber dieſe Kraft genauer $= 2\frac{1}{2} : 1$. Da ſich nun die perturbirenden Kräfte dieſer beyden Körper, in ſchiefen Richtungen zerlegt, verkehrt, wie die Würfel ihrer Entfernungen verhalten, ſo würde die Anziehung des Meerwaſſers gegen den Mond, wenn dieſer an der Stelle der Sonne ſtände, nur $\frac{2\frac{1}{2}}{400^3}$ oder $\frac{1}{25600000}$ von der Gravitation gegen die Sonne ſeyn. Da nun die Erdmaſſe nach de la Lande's Beſtimmung nur 365412 mal weniger beträgt, als die Sonnenmaſſe, ſo ſcheint die Sonne 70 bis 71 mal mehr Maſſe zu haben, als der Mond. Hiernach würde alſo die Dichtigkeit des Mondes $\frac{1}{71} : \frac{1}{50}$ oder $\frac{50}{71} = \frac{7}{10}$ von der Dichtigkeit der Erde ſeyn, und die ſchweren Körper fielen auf ſeiner Oberfläche in einer Sekunde durch $\frac{15}{71} : (\frac{3}{11})^2 = 2{,}83$ Fuß.

Der Mond, das nächſte Geſtirn der Erde, hat die Aſtronomen von jeher außerordentlich beſchäftigt, ohne ſeinen Lauf nur erträglich beſtimmen zu können. Durch Newton's Syſtem endlich hat man denſelben mit glücklichem Erfolge entwickelt, und von allen ſeinen Ungleichheiten Rechenſchaft geben können. Newton ſelbſt hatte zwar ſchon die beträchtlichſten Ungleichheiten des Mondlaufs aus der ſtarken Gravitation des Mondes gegen die Sonne bey ſeinen verſchiedenen Stellungen gegen dieſelbe und gegen die Erde glücklich erklärt; allein hiebey kam es auf die berühmte Aufgabe von dreyen Körpern an, welche Newton noch nicht auflöſen konnte, indem ſie die Kenntniß der feinſten Analyſe vorausſetzt, um dabey alle Stücke abzuſondern, deren Einfluß merklich iſt, die aber zu Newton's Zeiten noch nicht ſo weit entwickelt war. Euler,

ler, Clairaut und d'Alembert waren die erſten, welche die Aufgabe von drey Körpern beynahe zu gleicher Zeit auflöſeten, deren zahlreiche Abhandlungen darüber ſich in den Schriften der Pariſer, Berliner und Petersburger Akademieen befinden. Bey dieſem Problem wird die Gravitation des geſtörten Körpers gegen den ſtörenden, wenn beyder Entfernung $= \delta$, des ſtörenden Maſſe $= \mu$ geſetzt wird, durch $\frac{\mu}{\delta^2}$ ausgedruckt, und nach zwey Richtungen zerlegt, deren eine dem Radius Vektor des ſtörenden, die andere dem des geſtörten Körpers parallel iſt. Vom erſten Theile zieht man zuförderſt die Gravitation des Mittelpunkts der Kräfte gegen den ſtörenden Körper ab, weil gleiche und parallele Gravitationen ſich nicht ſtören, und die Perturbation nur mit dem Unterſchiede beyder erfolgt. Dieſer Unterſchied wird wieder nach zwey Richtungen zerlegt, deren eine dem Radius Vektor des geſtörten Körpers parallel, die andere auf ihn ſenkrecht iſt. Der erſte Theil mit dem zweyten Theile der erſten Zerlegung verbunden, giebt die ganze perturbirende Kraft nach der Richtung des Radius Vektor, der letztere Theil die nach der ſenkrechten Richtung, wovon jene die Centralkraft ändert, dieſe hauptſächlich auf die Geſchwindigkeit wirkt. Dieſe Zerlegungen zeigen auch, daß ſich die perturbirende Kraft nach dem Radius Vektor umgekehrt wie der Würfel der Entfernungen beyder Körper verhalte.

Es iſt aber nicht hinreichend, dieſe perturbirenden Kräfte nur für einen gewiſſen Zeitpunkt zu kennen; man muß auch wiſſen, wie viel durch ſie, nachdem ſie in einer unendlichen Menge ſolcher Zeitpunkte d. i. eine gegebene Zeit hindurch, gewirkt und ſich dabey beſtän-

dig

dig verändert haben, Aenderung in der Ebene und Geſtalt der Bahn und in der Geſchwindigkeit des geſtörten Körpers hervorgebracht worden ſey; und noch mehr, man muß alles dieſes, wie es die Einrichtung der aſtronomiſchen Tafeln erfordert, in Minuten und Sekunden ausdrucken können.

Die erſten Bemühungen der Herren Clairaut, Euler und d'Alembert zeigten aber ſogleich, daß dieſe Auflöſungen der Aufgabe von drey Körpern den Beobachtungen kein völliges Genüge leiſten. Denn ſie fanden insgeſammt die Bewegung der Erdnähe des Mondes um die Hälfte kleiner, als nach den Beobachtungen. Clairaut glaubte daher, wie bereits oben (S. 24.) angezeigt iſt, daß das allgemeine Geſetz der Gravitation aus zweyen Theilen zuſammengeſetzt ſey. Büffon griff Clàiraut's Folgerungen mit Recht an, und letzterer mußte endlich ſelbſt geſtehen, daß die Auflöſungen nur als Näherungen brauchbar ſind, und daß, wenn man dieſe Näherung weiter treibe, das Geſetz der im verkehrten Verhältniſſe mit dem Quadrate der Entfernungen ſtehenden Schwere die Bewegung der Erdnähe des Mondes genau übereinſtimmend mit den Beobachtungen gebe. Hiezu waren aber noch eigene Methoden für den Mond nöthig, deſſen Ungleichheiten wegen ſeiner Nähe ſo ſehr bemerkbar ſind. Die Auflöſungen der Aufgabe von drey Körpern hatten Gelegenheit gegeben, die damals bekannten Ungleichheiten des Mondes in Formeln zu bringen, und ſelbſt noch andere Ungleichheiten im Mondlaufe zu entdecken, welche ohne Anwendung der Analyſe zu erfinden unmöglich geweſen wäre. Euler [d]) insbeſondere hatte die Ausdrücke

d) Opuſcula var. argum. Berol. 1746. 4. Theoria motus lunae. Petrop. 1753. 4.

drücke der Ungleichheiten des Mondlaufs auf die geſchmeidigſten analytiſchen Formeln gebracht, und darnach Mondstafeln berechnet.

Außer den drey Ungleichheiten, der Erektion, Variation und Jahresgleichung, welche ſchon den Alten bekannt waren, hatte Halley zuerſt eine andre, die seculäre Gleichung, bemerkt, welche Tobias Mayer e) und R. Dunthorne f) durch eine mühſame und genaue Vergleichung der neuern Beobachtungen mit den alten beſtätigten. Dieſe beyden ſcharfſinnigen Aſtronomen ſahen wohl ein, daß den neuern Beobachtungen und den durch die Chaldäer und Araber beobachteten Finſterniſſen nicht einerley mittlere Bewegung des Mondes Genüge thun könnte. Sie verſuchten ſie alſo darzuſtellen, indem ſie zu den mittleren Längen des Mondes eine dem Quadrate der Zahl der vor oder nach 1700 verfloſſenen Jahrhunderte proportionirte Größe hinzuſetzten. Nach Dunthorne beträgt dieſe Größe 11″ 7‴ für das erſte Jahrhundert; Mayer ſetzte ſie in ſeinen erſten Mondstafeln auf 7″ 52‴, und vermehrte ſie in den letzten bis auf 10″. Endlich wurde de la Lande durch eine neue Unterſuchung dieſes Gegenſtandes ſehr nahe auf Dunthorne's Reſultat geführt.

Die arabiſchen Beobachtungen, von welchen hauptſächlich hiebey Gebrauch gemacht wurde, ſind zwey Sonnenfinſterniſſe, und eine Mondfinſterniß, die in den Jahren 977, 978 und 979 von Ibn Junes bey Cairo beobachtet wurden; dieſe ſchienen einigen Aſtronomen verdächtig, aber bey genauerer Unterſu-

chung

e) Commentar. ſociet. Goetting. Tom. II. Goett. 1753. 4. p. 388 ſqq.

f) Philoſ. Tranſact. Num. 492.

chung wurde ihre Wirklichkeit erkannt. Außerdem waren die neuern Beobachtungen ſchon zureichend, um das Daſeyn der ſeculären Mondsgleichung feſtzuſetzen. Hieraus ergab ſich nun unläugbar, daß die Mondsbewegung ſeit den Zeiten der Chaldäer beſchleunigt worden war.

Was nun die Urſache dieſer Erſcheinung betrifft, ſo haben ſich die Aſtronomen dieſes Zeitraumes ſehr damit beſchäftigt. Da die bisherigen Ungleichheiten des Mondlaufs ſo ſchön aus Newton's Theorie abgeleitet werden konnten, ſo war es natürlich, auch darauf zu verfallen, ob nicht ebenfalls die allgemeine Schwere auf gleiche Art von der ſekulären Ungleichheit des Mondes Rechenſchaft gebe. Dieß letztere würde natürlich um ſo viel wichtiger ſeyn, weil man, wenn man dazu gelangte, eben damit das Geſetz der ſeculären Veränderungen der Mondsbewegung haben würde. Denn ohne Zweifel ſieht man, daß die von den Aſtronomen angenommene Hypotheſe einer der Zeit proportionirten Beſchleunigung bloß eine Näherung giebt, und nicht auf eine unbegrenzte Zeit ausgedehnt werden darf. Allein in dieſem Zeitraume ſind die Bemühungen aller Geometer, welche ſich mit dieſem Gegenſtande beſchäftigt haben, fruchtlos geweſen. Alle ihre Unterſuchungen haben weder in der Wirkung der Sonne und der Planeten auf den Mond, noch in den nicht genau kugelförmigen Geſtalten des Mondes und der Erde etwas entdeckt, daß ſeine mittlere Bewegung merklich ändern könnte. Daher verwarfen einige ſeine ſekuläre Gleichung; andere nahmen, um ſie zu erklären, zu verſchiedenen Mitteln ihre Zuflucht, dergleichen die Wirkung der Kometen, der Widerſtand des Aethers und die allmähliche Fortpflanzung der Schwe-

re ſind. Boſſut, welcher in der oben angeführten Preisſchrift dieſe Veränderung in der mittleren Bewegung des Mondes bloß dem Widerſtande des Aethers zuſchrieb, gab nach dieſer Vorausſetzung eine ſekuläre Gleichung.

Inzwiſchen hatte der berühmte Göttingiſche Aſtronom, Tobias Mayer, welcher eben durch ſeine mühſamen Unterſuchungen die angeführte ſeculäre Ungleichheit außer allem Zweifel geſetzt hatte, ſeine vortrefflichen Mondstafeln nach der Newton'ſchen Theorie mit Hülfe vieler theils von andern theils von ihm ſelbſt angeſtellten Beobachtungen berechnet, nach welchen man durch 13 verſchiedene Reduktionen oder Gleichungen den wahren Ort des Mondes für jeden Zeitpunkt bis auf eine Minute richtig beſtimmen kann. Dieſe Tafeln erſcheinen zuerſt im Jahr 1753 im zweyten Bande der Göttingiſchen Commentarien, und wurden in England durch Bradley und Morris geprüft; nachdem ſie daſelbſt bewährt befunden waren, bekam Mayers Wittwe einen Theil des Preiſes, welcher auf die Erfindung der Länge zur See geſetzt war. Die Methode, nach welcher Mayer dieſe Tafeln berechnet hat, iſt zwar nach England geſandt, aber nicht öffentlich bekannt worden. Lambert [g]) hat darüber ſcharfſinnige Unterſuchungen angeſtellt. Dieſe Mondstafeln ſind auch von de la Lande [h]), und P. Hell [i]) herausgegeben worden. Tobias Mayer hatte ſie nach

g) Zergliederung und Anwendung der Mayerſchen Mondstafeln in den Beytr. zum Gebr. der Mathem. B. II. Berlin 1770. Num. XII.

h) Connoiſſ. des mouvem. coeleſt. 1761.

i) Tabulae lunares *Tob. Mayeri.* Vindob. 1763. 8. juxta edit. Lond. 1770. Vindob. 1771.

nach der Zeit etwas verbeſſert, und nach ſeinem Tode ſchickte die Wittwe dieſe verbeſſerten Tabellen nach London, wo ſie im Jahr 1767 öffentlich erſchienen ſind [k]). In dieſem Zuſtande befinden ſie ſich auch beym P. Hell, und in der Berliner Sammlung aſtronomiſcher Tafeln [l]).

Wolff und einige andere hatten die Aehnlichkeit des Mondes mit unſerer Erde ſo weit getrieben, daß ſie glaubten, es ſey alles im Monde eben ſo wie auf der Erde angeordnet, Berge, Thäler, Gewäſſer, Winde, Wolken, Nebel, Regen, Thau u. ſ. w. ſo wie Menſchen und Thiere von ähnlicher Beſchaffenheit, wie auf der Erde. Dagegen bemerkt aber Caſſini [m]) weit richtiger, daß vermuthlich ſelbſt die Grundſtoffe, woraus der Mond beſtehe, von denjenigen verſchieden ſind, aus welchen die Erde gebildet ſey.

Mit den Fortſchritten in der Sternkunde hielt es Tobias Mayer [n]) für nöthig, auf vollkommnere Abbildungen der Mondflecken zu denken. Aus der Umwälzung des Mondes um ſeine Axe bekommt derſelbe einen Aequator, Pole und Meridiane, welche ſich, von der Erde aus geſehen, orthographiſch auf eine durch den Mittelpunkt des Monds gelegte Ebene projiciren laſſen, und auf welcher man, wenn der ſcheinbare Ort eines Flecken durch Mikrometer genau beſtimmt iſt, die ſelenographiſche Länge und Breite deſſelben angeben, und

k) Theoria lunae juxta ſyſtema newtonianum, edita juſſu praefectoraei longitudinariae, item tabulae lunares. Lond. 1767. 4.

l) B. II. S. 1. u. f.

m) Elemens de l'Aſtron. p. 255.

n) Kosmograph. Nachricht. und Samml. 1748. IV. Abh.

und ſeinen wahren Ort auf der Mondkugel beſtimmen kann. Dieſe Beſtimmungen vollkommen zu machen, und Mondkugeln nach ſelbigen zu verfertigen, war Mayers Plan [o]). Was er hiezu verfertigt hatte, iſt von der Regierung zu Hannover für das Göttingiſche Obſervatorium gekauft worden, und Lichtenberg [p]) hat daraus eine ſchöne von Kaltenhofer geſtochene Mondkarte mit einem Verzeichniſſe von den Längen und Breiten der vornehmſten Flecken herausgegeben.

Ob der Mond eine Atmoſphäre beſitze, darüber iſt auch in dieſem Zeitraume noch geſtritten worden. Huygens hatte gegen das Daſeyn der Mondatmoſphäre eingewendet, daß man die Oberfläche des Mondes nie mit Wolken, wie bey unſerer Erde, bedeckt ſehe, und daß bey den Bedeckungen der Sterne durch den Mond keine Strahlenbrechung wahrgenommen werde, welche doch erfolgen müſſe, wenn der Mond wirklich eine Atmoſphäre beſäße. Hierauf antwortet aber der Herr von Mairan [q]): es gebe auf unſerer Erde Länder, z. B. Peru und große Striche in Afrika, wo es nie regne, und der Himmel ſtets heiter ſey. Würde nun nicht ein Beobachter im Monde mit Grunde ſchließen, daß die Erde an dieſen Stellen keine Atmoſphäre beſitze? Die großen dunkeln Flecken, welche man mittelſt des Fernrohrs auf der Mondſcheibe ſähe, könnten, wie man nach Galileus geglaubt habe, Meere, oder auch Wälder ſeyn, wie einige ſeit Huygens vermuthet hätten. Wäre das erſte, ſo müß-

o) Bericht von den Mondskugeln. Nürnb. 1750. 4.

p) *Tob. Mayeri* opera inedita. Vol. I. Goetting. 1773. 4.

q) Traité phyſique et hiſtor. de l'aurore boreale. ſect. V. queſt. XIV.

müßten nothwendig Dünſte aufſteigen, die ſich mit Luft vermiſchen, und ſehr bald eine kleine Atmoſphäre um den Mond bilden würden; wenn aber kein Waſſer im Monde ſey, ſo ſey es leicht begreiflich, daß auch keine Wolken da ſeyen, zumal da der 14tägige Sonnenſchein die aus der Mondkugel aufgeſtiegenen Dünſte gar ſehr verdünnen müſſe. Wenn man ferner die Mondatmoſphäre in Vergleichung mit dem Monde ſo groß ſetze, als der Luftkreis in Vergleichung mit der Erde iſt, ſo gehe ein Stern durch den ſtrahlenbrechenden Theil derſeben in einer Sekunde hindurch, welche Zeit zu kurz ſey, um die Wirkungen der Refraktion zu bemerken; man habe auch manchmal Sterne noch vor dem Augenblicke ihrer Verſchwindung an den Mondrand treten geſehen.

Einen andern Beweis für das Daſeyn einer Mondatmoſphäre nahm Euler [r]) aus der im Jahre 1748 ſich ereignenden Sonnenfinſterniß. Er wollte nämlich den Durchmeſſer des Mondes zu Anfange und gegen das Ende der Finſterniß kleiner, bey der größten Verfinſterung aber größer geſehen haben. Dieſe Erſcheinung konnte ſich Euler nicht anders erklären, als wenn er dem Monde eine Atmoſphäre zuſchrieb, welche aber 200mal dünner, als die unſrige, ſeyn müſſe. Man könne daraus folgern, daß von der Oberfläche des Mondes entweder ganz und gar keine Dünſte aufſtiegen, oder daß die Materie des Mondes ſo feſt und trocken ſey, daß ſie gar keiner Ausdünſtung unterworfen wäre. Ueberdieß hätten auch die Aſtronomen durch ſehr lange Fernröhre wahrgenommen, daß die dunkeln Flecken

r) Sur l'atmoſphère de la lune prouvée par la dernière eclypſe annulaire du ſoleil. in den Mém. de l'Acad. de Berlin 1748. p. 103.

Flecken im Monde, welche man gewöhnlich für Meere oder Seen halte, vielmehr trockene ſandigte Gegenden, Hölen, oder Wälder, als feuchte Stellen, ſeyn müßten.

Dagegen wollte aber Tobias Mayer [s]), welcher dieſelbe Sonnenfinſterniß in Nürnberg mit der größten Genauigkeit beobachtete, nichts von einer ſolchen Erſcheinung am Monde wahrgenommen haben. Er hat vielmehr einen Beweis zu geben geſucht, daß der Mond keine Atmoſphäre beſitze; dergleichen auch Grandjean du Fouchy [t]) unternommen hat.

Bianchini [u]) und Carbone [x]) haben aus dem Lichtſtrahle, den ſie in der dunkeln Höle des Plato wahrnahmen, auf eine Atmoſphäre des Mondes geſchloſſen. Auch Boscowich [y]) behauptet um den Mond eine dünne flüſſige Materie durchaus von gleicher Dichtigkeit.

Uebrigens haben einige Aſtronomen aus der Erſcheinung, da nämlich Planeten und Fixſterne, wenn ſie nahe an den Mondsrand rucken, farbicht erſcheinen, auch in ihrer runden Geſtalt geändert werden, auf eine Atmoſphäre des Mondes geſchloſſen, andere haben ſie aber anders erklärt (Th. II. S. 537. ff.). Tobias Mayer fügt hiezu noch die Bemerkung, daß man die Erfahrungen nur ohne Vorurtheil anſtellen und

s) Kosmograph. Nachricht. und Sammlung. auf das Jahr 1748. Nürnb. 1750. 4. S. 397.

t) Philoſ. Tranſact. n. 455. art. 3.

u) Heſperi et Phoſphori nova phaenomena. fol. pag. 5.

x) Philoſ. Tranſact. n. 396. art. 5.

y) De lunae atmoſphaera. Vien. 1766.

und Acht haben ſolle, das Fernrohr mit der nöthigen Behutſamkeit zu gebrauchen, vielleicht unterließen die Planeten und Fixſterne, ſich nicht in ihrer gehörigen Geſtalt dem Monde zu nähern.

Es blieb alſo auch in dieſem Zeitraume zweifelhaft, ob der Mond eine Atmoſphäre beſitze. Indeſſen wurde doch hiebey wenigſtens ſo viel ausgemacht, daß der Mond in Abſicht auf Luft und Luftbegebenheiten unſerer Erde ſo ähnlich nicht iſt, als einige behauptet hatten.

Planeten.

Im Jahre 1726 hatte Blanchinus in Italien die Venus beobachtet, und aus der Bewegung ihrer Flecken auf eine Umwälzung um ihre Axe binnen 24 Tagen 8 Stunden geſchloſſen, da ſie Domin. Caſſini vorher gegen 24 Stunden geſetzt hatte. Der jüngere Caſſini [z]) ſuchte ſeines Vaters Meynung gegen Blanchinus zu vertheidigen. Er erinnert, daß die Flecken, aus welchen letzterer die Umwälzung in 24 Tagen 8 Stunden gefolgert hat, verſchiedene geweſen ſeyn möchten, und daß ſich unter dieſer Vorausſetzung Blanchini's Beobachtungen mit einer Periode von 23 Stunden 22 Minuten vergleichen ließen. Die Kaiſerl. Petersburg. Akademie der Wiſſenſchaften hatte zweymal einen Preis darauf geſetzt, die Bewegung der Planeten um ihre Axen, beſonders der Venus, durch Beobachtungen zu beſtimmen. Allein ſie hat keine Abhandlung, ſelbſt aus Italien nicht, erhalten. Dieſe Ungewißheit in der Umwälzungszeit der Venus um ihre Axe hat beynahe ein ganzes Jahrhundert gedauert, inzwiſchen ſind doch die Aſtronomen mehr geneigt geweſen, Caſſini's Beſtimmung anzuneh-

z) Elemens de l'Aſtron. Liv. I. chap. 7.

zunehmen. Käſtner[a]) ſetzt den Grund dieſer Ungewißheit vorzüglich darin, daß eine beſondere Heiterkeit der Luft dazu gehöre, die Venus gehörig begrenzt zu ſehen, und daß man dieſelbe immer nur kurze Zeit nach Untergange oder vor Aufgange der Sonne, nie ſehr hoch über dem Horizonte, wahrnehmen könne.

Gregory hatte behauptet, daß die Venus einen Mond zum Begleiter habe. Um dieſe merkwürdige Erſcheinung weiter zu verfolgen, ob ſie auch wirklich ihre Richtigkeit habe, ſind mehrere Aſtronomen dieſes Zeitraumes bemüht geweſen, Beobachtungen an der Venus anzuſtellen. Der Herr von Mairan[b]) bemerkt, daß ſeit 1672, da Caſſini einen Venusmond wahrgenommen haben wollte, in einem Zeitraume von 54 Jahren kein einziger Aſtronom etwas davon wollte geſehen haben. Turner hatte aber an Coſte in einem Briefe berichtet, daß Short den 3ten Novemb. 1740 in England mittelſt eines reflectirenden Teleſkops einen kleinen Stern bey der Venus in der Entfernung von 10 Minuten 20 Sekunden beobachtet habe. Der Himmel ſey damals ſehr heiter und die Venus ungemein deutlich geweſen; ja er habe ſogar das Vergnügen gehabt, dieſen kleinen Stern in der nämlichen Phaſe, wie die Venus, zu ſehen; ſein Durchmeſſer ſoll ein wenig geringer als $\frac{1}{3}$ des Durchmeſſers der Venus, und ſein Licht weniger lebhaft, aber wohl begrenzt, geweſen ſeyn. Dieſen vermeinten Venusmond beobachtete Short eine ganze Stunde hindurch, bis es die Morgendämmerung unmöglich machte, ihn weiter zu verfolgen[c]).

Inzwi-

a) Anfangsgründe der angewandten Mathemat. Aſtronomie. §. 196.

b) Hiſt. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1741.

c) Philoſ. Tranſact. n. 459.

Inzwiſchen hatte Johann Phil. Baratier in einem Briefe an Adelburner berichtet [d]), daß er am 22ten April 1735 zu Potsdam durch ein Fernrohr von 7 Fuß die Venus zwiſchen 2 runden Flecken bloß wie Wölkchen, die von der Sonne erleuchtet werden, geſehen habe. Ohne zu entſcheiden, was es ſey, (ob gar nur in unſerer Atmosphäre?) verſichert er nur: es ſey kein Betrug der Augen geweſen. Den andern Tag bey nicht ſo heiterm Wetter habe er die Venus von $8\frac{1}{2}$ Uhr bis zum Untergange verfolgt, aber nichts dergleichen wahrgenommen.

Als im Jahre 1761 die merkwürdige Himmelsbegebenheit, der Durchgang der Venus durch die Sonne, vorfiel, ſo iſt es wohl natürlich, zu denken, daß die Aſtronomen auf die Erſcheinung eines vermeinten Venusmondes ſehr neugierig waren. Auch wollte Montaigne [e]) in Frankreich ihn den 3, 4, 7 und 11 May wirklich geſehen haben. Andere Aſtronomen hatten aber nichts dergleichen beobachtet. Der Ritter Wargertin [f]) ſtellte zu eben der Zeit, wie Montaigne, Beobachtungen an der Venus an, ohne einen Mond bey ihr zu ſehen, und wundert ſich, daß dieſer Mond ganzer 90 Jahre über, ſo mancher fleißiger Aſtronomen Unterſuchungen ungeachtet, nicht mehr als

d) *Adelburneri* commerc. litter. aſtronom. Norimb. 1735. n. 14.

e) Abhandlung von der Entdeckung eines Trabanten der Venus in der königl. Akad. der Wiſſenſch. zu Paris vorgeleſen von Herrn Baudouin ꝛc. aus dem Franz. mit Anmerk. überſ. von Renard. Berlin 1761.

f) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. 1761. der Ueberſ. S. 178.

als dreymal ſey gefunden worden, und daß man ihn da gleichſam nur in Eil geſehen habe, auch daß ihn Montaigne dieſen Tag mit einem gewöhnlichen Sternrohre von 9 Fuß wahrgenommen, da doch er, und vermuthlich mehrere, die Venus im May ſehr oft mit größern Fernröhren betrachtet hätten, ohne einen Trabanten bey ihr zu finden.

Der P. Hell [g]) zeigt, daß ſich bey Betrachtung eines ſo glänzenden Planeten, wie die Venus, ein Bild von ihm auf der Pupille entwerfe, welches ſie wie ein erhabener Spiegel nach dem ihr nächſten Augenglaſe ſende, und von demſelben wiederum, wie von einem Spiegel, zurückbekomme und daher ſehr leicht für einen Venusmond angeſehen werden könne.

Der Herr von Mairan [h]) iſt ganz für die Meynung, daß es einen Begleiter der Venus gebe, eingenommen. Die Urſache ſeiner ſo ſeltenen Erſcheinung ſchreibt er der Sonnenatmoſphäre zu, in welcher ſich Planet und Begleiter meiſt befänden, und worin letzterer durch den Glanz verdunkelt werde.

Uebrigens glaubte der Ritter Wargertin beym Durchgange der Venus durch die Sonnenſcheibe im Jahr 1761 eine Atmoſphäre um die Venus entdeckt zu haben; denn, ſagt er, der lichte Ring, mit welchem ſie umgeben war, und einige andere Umſtände, ſcheinen ſich nicht leicht auf eine andere Art erklären zu laſſen. Man ſollte ſonſt wegen ihres klaren und heitern Glanzes geneigt ſeyn, weniger ihr, als andern Pla-

g) Ephemerides Vienn. 1766. in Append.

h) Mémoir. lu à l'Acad. roy. des ſcienc. le 8 Mai 1762. ſur le ſatellite vu, ou préſumé autour de la planete de Venus, et ſur la cauſe de ſes courtes apparitions et de ſes longues diſparitions. in Mém. de Paris an. 1762.

Planeten, eine Luft zuzuſchreiben, wenn ſie aber dergleichen habe, ſo ſey nicht ſehr daran zu zweifeln, daß auch die übrigen von Luft umgeben wären. So werde die große Aehnlichkeit zwiſchen den Planeten, den wir bewohnen, und den andern immer mehr und mehr beſtätigt.

Die wunderbare Erſcheinung des Saturnusringes hat in Anſehung der Entſtehung zu verſchiedenen Muthmaßungen Veranlaſſung gegeben. Einige von dieſen ſind bereits in den vorigen Theilen angeführt worden. Der Herr von Maupertuis [i]) ſuchte die Entſtehung des Saturnusringes auf folgende Art begreiflich zu machen. Es könnte ein Komet, welcher, nachdem er ſich von der Sonnennähe an wieder entferne und eine ſehr große Menge Dämpfe oder Ausdünſtungen um ſich her verbreitet habe, nahe vor dem Saturn vorbey gegangen ſeyn, welcher wegen ſeiner großen Maſſe dieſe Dämpfe an ſich geriſſen, durch ſeinen Umſchwung um die Axe fortgeſchleudert, und ſie zu einem Ringe gebildet habe. Ja Maupertuis ſtellt ſich ſogar vor, daß Saturn dem vorbeygehenden Kometen ſeine Trabanten geraubt haben ſoll.

Kant [k]) hat ſich über die Entſtehung des Saturnusringes folgende Vorſtellungen gemacht. Er ſetzt voraus, daß Saturn, ſo wie alle andere Planeten, anfänglich ein Komet geweſen ſey, der ſich um ſeine Axe drehe. Nachdem nun ſeine Laufbahn ſich mehr

i) Sur les differ. figures des aſtres. chap. VIII.

k) Allgemeine Naturgeſchichte und Theorie des Himmels, oder Verſuch von der Verfaſſung und dem mechaniſchen Urſprunge des ganzen Weltgebäudes nach den Newtonſchen Grundſätzen abgehandelt. Königsb. u. Leipz. 1755. 8.

mehr dem Kreiſe näherte, ſo verlor der neue Planet allmählich ſeine Wärme, weil er der Sonne nicht mehr ſo nahe kam; diejenigen Theile, welche den Schweif gebildet hatten, wurden verdichtet, und fielen gegen den Planeten zurück. Die vom Aequator entfernten Theile wurden bey der Umdrehung um die Axe nach den Geſetzen der Centralbewegung gegen die Ebene des Aequators getrieben, kamen daſelbſt von beyden Seiten zuſammen, und vereinigten ſich in eine Maſſe. Diejenigen Theile hingegen, welche vor ihrer Vereinigung dem Körper des Planeten ſelbſt nahe kamen, hatten durch die Umdrehungsbewegung nicht genug Schwung erhalten, um der Gravitation ganz widerſtehen zu können; ſie fielen alſo auf den Planeten ſelbſt herab, und ließen in der Nähe deſſelben einen leeren Raum zurück, daher der Ring mit dem Körper ſelbſt nicht zuſammenhängt. Dieſer Ring mußte nun um den Saturn mit einer Geſchwindigkeit umlaufen, welche ſich im verkehrten Verhältniſſe der Entfernung ſeines innern Randes von dem Mittelpunkte des Planeten befand. Die verſchiedenen Streifen, welche man auf der Fläche des Ringes bemerkt hat, zeigen, daß es mehrere concentriſche Ringe giebt, welche den Kepler'ſchen Regeln gemäß verſchiedene Umlaufszeiten beſitzen, indem ſich der äußere langſamer, als der innere, umdrehen muß. Endlich könnte bey den übrigen Planeten ein ähnlicher Ring deßwegen nicht entſtehen, weil die Höhe, in welcher die Theile gegen den Planeten zu fallen aufhören und mit der erlangten Geſchwindigkeit vermöge des Kepler'ſchen Geſetzes ihren Umlauf machen, bey allen übrigen Planeten viel zu groß iſt, als daß ſo viele Theile, als zur Bildung des Ringes erforderlich ſind, dieſe Höhe hätten erreichen können. Es muß ſich nämlich der Halbmeſſer des Ringes zum

Halb-

Halbmeſſer des Planeten, wie die Gravitation zur Schwerkraft verhalten; hätte alſo z. B. die Erde einen Ring erhalten ſollen, ſo hätte dieſer 288 Erdhalbmeſſer d. i. über 4½mal weiter, als der Mond, abſtehen müſſen. In dieſer Höhe über der Erde waren nicht Theile genug vorhanden, um einen Ring bilden zu können.

Aus dieſer ſeiner Hypotheſe glaubt Kant, auf die Umwälzung des Saturns um ſeine Axe ſelbſt ſchließen zu können, indem er vorausſetzte, daß die Geſchwindigkeit im Innern des Ringes der Geſchwindigkeit im Aequator des Planeten gleich ſey. Und hiernach fand Kant die Zeit der Umwälzung des Saturns um ſeine Axe 6 Stunden 23 Minuten 53 Sekunden.

Um die gegenſeitigen Stellungen der Saturnustrabanten für eine jede gegebene Zeit leicht finden zu können, hat man eine eigene Vorrichtung, ein Saturnilabium, zu erfinden geſucht, wovon de la Lande [l]) redet. Sie iſt derjenigen ähnlich, welche die Stellungen der Jupiterstrabanten, ſo wie ſie von der Erde aus geſehen werden, zu beſtimmen dient, und welche ſich Caſſini zuerſt zu ſeinem Gebrauche erfunden hat. Den erſten Gedanken von einem ſolchen Jovilabio hatte zwar ſchon Peireſc [m]), ein gelehrter Rathsherr zu Aix in Frankreich, gehabt. Die augenſcheinliche Aenderung, welche man in ſehr kurzer Zeit an der Stellung der Jupiterstrabanten wahrnehmen kann, veranlaßte Peireſc, zu glauben, man könnte aus Beobach-

l) Aſtronomie §. 2994.

m) Vita *Fabricii de Peireſc* per *Gaſſendum.* L. II. in eius opp.

Beobachtungen derſelben eine Art erfinden, die Länge ſtündlich zu entdecken, und dadurch den Mangel der ſeltenen Gelegenheiten, welche die Verfinſterungen dieſer Trabanten ſelbſt geben, zu erſetzen. Ihre Stellen alſo deſto leichter zu finden, dachte er auf eine Maſchine, welche ſolche abbilden ſollte; er glaubte aber zuletzt, daß eine ſolche Vorrichtung ſchwerer auszuführen wäre, als er ſich anfänglich eingebildet hatte. Caſſini hingegen führte dieſen Gedanken wirklich aus, und ſeine Maſchine iſt von Weidlern [n]) beſchrieben worden. Sie beſteht aus kreisrunden Pappen- oder Kartenblättern, welche ſich um einen gemeinſchaftlichen Mittelpunkt drehen laſſen, wo der Mittelpunkt die Stelle des Jupiters, die Umkreiſe der Pappen aber die Bahnen der Monde, nach den gehörigen Verhältniſſen, vorſtellen. Das Ganze wird von einem Ringe umgeben, der die ebenfalls um den gemeinſchaftlichen Mittelpunkt beſchriebene Ekliptik vorſtellt, und dem gemäß in die gehörigen Grade und Zeichen getheilt iſt. Die Umkreiſe der Bahnen ſelbſt werden nach den täglichen Bewegungen eines jeden Trabanten um den Jupiter abgetheilt. Um nun die Stellung für eine gewiſſe Zeit zu finden, wird die Länge eines jeden Trabanten, aus dem Jupiter geſehen, aus den Tafeln geſucht, und ihr gemäß wird das Merkmal, das den Trabanten vorſtellt, auf dem Umkreiſe ſeiner Bahn ſo verſchoben, daß es vom Mittelpunkte aus gerechnet auf der Ekliptik die Länge bekommt. Hierauf ſucht man aus den Tafeln den geocentriſchen Ort des Jupiters, und richtet auf den Punkt der Ekliptik, der mit dieſem Orte übereinkommt, eine um den Mittelpunkt bewegliche Regel. Wenn man nun die ſenkrechte Entfernung der Trabanten von der Schärfe dieſer Regel mißt,

n) Explicatio Jovilabii Caſſiniani. Viteb. 1727. 4.

mißt, und vom Mittelpunkte eines kleinen Kreiſes, der den Jupiter vorſtellt, auf die eine oder andere Seite trägt, ſo giebt die daraus entſtandene Zeichnung den Stand, von der Erde aus geſehen, richtig an. Giebt man dabey noch Acht, wie die Knotenlinie der Trabantenbahnen liegt, ſo läßt ſich beurtheilen, ob die Trabanten höher oder niedriger, als der Mittelpunkt des Jupiters, geſehen werden.

Die ganze Anordnung unſers Sonnenſyſtems konnte unmöglich ein Zufall ſeyn; denn alles in der Welt muß Grund und Urſache haben. Um nun von allen möglichen Erſcheinungen am Himmel die phyſiſchen Gründe aufzudecken, und überhaupt die beobachteten Bewegungen der Planeten und ihrer Trabanten aus dem allgemeinen Geſetze der Gravitation herzuleiten, haben ſich die größten Mathematiker dieſes Zeitraums bemüht. Die Kaiſerl. Akademie der Wiſſenſch. zu Petersburg legte im Jahre 1732 folgende Frage zur Beantwortung vor: welches die phyſiſche Urſache von der Neigung der Planetenbahnen gegen die Ebene des Sonnenäquators ſey, und woher es komme, daß dieſe Neigungen verſchieden ſind? Die beyden Bernoulli's, Vater und Sohn, Johann und Daniel, erhielten den Preis. Der erſtere [o]) ſuchte dieſe Frage aus der Vorausſetzung eines großen Sonnenwirbels, welcher die Körper nach ſeinem Mittelpunkt-

o) Eſſai d'une nouvelle phyſique celeſte, ſervant à expliquer les principaux phènomènes de ciel, et en particulier la cauſe phyſique de l'inclinaiſon des orbites des planetes, par rapport au plan de l'équateur du ſoleil; piece, qui a partagé le prix double de l'année 1734. Paris 1735. 4.

punkte treibe, zu erklären. Dagegen nimmt aber der Sohn Daniel p) an, die Sonne, die Erde, und alle übrige Planeten beſäßen Atmoſphären, welche mit der Umdrehung der Körper zugleich herumgeführt würden, die Sonnenatmoſphäre aber faſſe alle übrigen Atmoſphären in ſich. Nach ſeiner Meynung haben von den älteſten Zeiten an diejenigen Körper, welche um die Sonne geführt werden, gegen den Sonnenäquator eine größere Neigung, als jetzt, gehabt; dieſe Neigung werde durch die Wirkung der Sonnenatmoſphäre nach und nach immer kleiner, und falle endlich nach einer unendlichen Zeit mit dem Sonnenäquator in Eins zuſammen; dieß wird nämlich der Zuſtand der Dauer und der Unveränderlichkeit ſeyn, nach welchem ſie ein beſtändiges Beſtreben haben. Daraus folgt die Veränderlichkeit der Schiefe der Ekliptik. Vielleicht haben auch die Sonnenfernen und die Knoten der Planetenbahnen ihre Grenzen, welche, wenn ſie zuſammenfallen, keiner Veränderung weiter unterworfen ſind. Alle dieſe Stellen aber bewegen ſich deſto langſamer, je näher ſie dem Zuſtande der Dauer und der Unveränderlichkeit kommen.

Ueberhaupt iſt aber der Gedanke nicht neu, daß die Ebene der Ekliptik endlich einmal mit dem Aequator zuſammenfallen werde. Schon Louville q) hatte ihn, und glaubte vermöge einer Tradition der Egypter, daß die Ekliptik einmal auf den Aequator ſenkrecht geſtanden habe. Daß die Schiefe der Ekliptik beſtändig abgenommen habe, iſt aus Beobachtungen richtig gefunden worden; de Louville ſetzt dieſe Vermin-

p) Diſquiſitiones phyſico aſtronomicae etc. Paris 1735. 4.

q) Diſſ. de mutabilitate eclipticae in Act. erud. Lipſ. 1719. menſ. Jul.

minderung alle Jahrhunderte auf 1 Minute, de la Caille auf 44″ und de la Lande auf 33 Sekunden. Euler r) hatte anfänglich den Gedanken, daß die Verminderung in der Schiefe der Ekliptik keine regelmäßige Urſache habe, ſondern leitete ſie vielmehr von der Einwirkung der Kometen ab; er bemerkt aber, daß dieſe Muthmaßung in der Folge durch Beobachtungen ſehr leicht entweder beſtätigt oder widerlegt werden könne; denn wenn dieſe Hypotheſe wirklich wahr wäre, ſo müßten die Veränderungen in der Schiefe der Ekliptik ſogleich nach der Erſcheinung eines Kometen wahrgenommen werden. Was den im Jahre 1742 erſchienenen Kometen betreffe, ſo hätte durch ſeine Einwirkung die Schiefe der Ekliptik ein wenig vergrößert werden müſſen; daher wäre es nöthig, daß die Aſtronomen die Schiefe der Ekliptik genau unterſuchten, ob ſie größer geworden ſey, als vor der Erſcheinung des Kometen. Nachher aber betrachtete er die Veränderung der Schiefe der Ekliptik als eine Wirkung der Planeten, und hat darüber zuerſt Berechnungen angeſtellt s). Nach Eulern that dieß auch de la Lande t). Allein ihre Reſultate ſind nicht mit Sicherheit anzunehmen, weil ſie Data, z. B. die Maſſe der Venus, vorausgeſetzt haben, die noch nicht mit völliger Gewißheit erwieſen ſind.

Newton's Syſtem erhielt in dieſem Zeitraume noch mehr Gewißheit dadurch, daß die aſtronomiſchen Tafeln erſt eine bewundernswürdige Genauigkeit bekamen,

r) Theoria de motu planetar. et cometar. Berol. 1744. 4. p. 98.

s) Mémoir. de l'Acad. de Pruſſe. an. 1754. p. 296.

t) Mémoir. de l'Acad. de Paris 1758. 1761.

men, als die Ungleichheiten des Planetenlaufs nach dieſer Theorie unterſucht wurden. Wenn die Planeten blos der Wirkung der Sonne unterworfen wären, ſo würden ſie um ſelbige elliptiſche Bahnen beſchreiben; allein ſie wirken auch auf einander ſelbſt, und auf gleiche Art auf die Sonne, und aus dieſen verſchiedenen Anziehungen entſtehen in ihren elliptiſchen Bewegungen Störungen, wie die Beobachtungen gelehrt haben. Newton hatte zwar die beträchtlichſten zu erklären geſucht; allein er war doch nicht im Stande, eine allgemeine Auflöſung dieſer wichtigen Aufgabe zu geben. Hiezu waren erſt Kunſtgriffe der Analyſe nöthig, die zu Newton's Zeiten noch unentdeckt waren. Bey der Vervollkommnung der Analyſe haben ſich zwar Euler, Clairaut und d'Alembert an die Auflöſung dieſer Aufgabe gemacht; indeſſen überſteigt die ſtrenge Auflöſung derſelben die Kräfte der Analyſe, und die Aſtronomen ſind genöthigt geweſen, ſich blos an Näherungen zu halten. Selbſt in dem letzten Falle bleibt die Sache noch ſehr verwickelt, und es werden die feinſten und ſchwerſten Kunſtgriffe der Analyſe erfordert, um aus der unendlichen Menge der Ungleichheiten, welchen die Planeten unterworfen ſind, die merklichen abzuſondern, und ihre Werthe zu beſtimmen, wenn auch gleich dies Geſchäft durch die geringe Ausdehnung der Maſſen der Planeten in Vergleichung mit der der Sonne, und durch die geringe Eccentricität und Neigung ihrer Bahnen ſehr erleichtert wird.

Die Störungen der elliptiſchen Bewegung der Planeten laſſen ſich auf zwey ſehr verſchiedene Claſſen bringen; die zur erſten Claſſe gehörigen werden von den Elementen der elliptiſchen Bewegung verurſacht; dieſe wachſen äußerſt langſam, und man hat ſie daher ſe-

culä-

culäre Ungleichheiten genannt. Die andern ſind von den Stellungen der Planeten theils gegen einander, theils gegen ihre Knoten und Sonnennähen abhängig, und finden ſich allemal wieder ein, ſo oft dieſe Stellungen wieder die nämlichen werden; man hat ſie periodiſche Ungleichheiten genannt, um ſie von den erſtern zu unterſcheiden, welche von der gegenſeitigen Stellung der Planeten unabhängig ſind.

Die beträchtlichſte unter den ſeculären Ungleichheiten iſt diejenige, welche auf die mittleren Bewegungen der Planeten einen Einfluß haben kann. Nachdem nämlich die Aſtronomen die ſeit der Wiederherſtellung der Aſtronomie gemachten Beobachtungen mit einander verglichen, ſo ſchien die Bewegung des Jupiters ſchneller, und die des Saturns langſamer zu ſeyn, als nach der Vergleichung eben dieſer Beobachtungen mit den ältern. Daraus haben ſie geſchloſſen, daß die erſte dieſer Bewegungen von einem Jahrhunderte zum andern ſich beſchleunige, während die andere ſich vermindere; und um auf dieſe Veränderungen Rückſicht zu nehmen, haben ſie in den Tafeln dieſer Planeten zwey ſeculäre Gleichungen, die wie die Quadrate der Zeiten wachſen, eingeführt, wovon die eine zu der Bewegung des Jupiters addirt, die andere von der des Saturns abgezogen werden muß. Halley fand die ſeculäre Gleichung des Jupiters 34,35″ für das erſte Jahrhundert von 1700 an gerechnet, und die zugehörige Gleichung des Saturns 73″,248. Man glaubte anfänglich, daß die Urſache davon in der gegenſeitigen Wirkung dieſer zwey beträchtlichſten Planeten unſers Sonnenſyſtems zu ſuchen ſey. Allein Euler und der jüngere le Monnier, welche ſich damit beſchäftigten, fanden Reſultate, welche mit den Beobachtungen nicht über-

einſtimmten. Außerdem hatte de la Lande bey der Bewegung des Saturns Ungleichheiten bemerkt, welche nicht von der Wirkung des Jupiters abzuhangen ſchienen; er fand ihre Rückkehr zur Frühlingsnachtgleiche in dem 18ten Jahrhundert ſchneller, als die zur Herbſtnachtgleiche, ungeachtet die Lagen des Jupiters und Saturns ſo wohl unter einander, als in Anſehung ihrer Sonnennähen, ohngefähr die nämlichen waren. Noch hatte Lambert bemerkt, daß die mittlere Bewegung des Saturns, die von einem Jahrhundert zum andern vermindert zu werden ſchien, wenn er neuere Beobachtungen mit ältern verglich, im Gegentheil bey der Vergleichung der neuern Beobachtungen unter einander beſchleunigt zu werden ſchien, während die mittlere Bewegung des Jupiters die entgegengeſetzten Erſcheinungen zeigte. Dies brachte alsdenn die Aſtronomen auf die Gedanken, daß unabhängige Urſachen von der Wirkung des Jupiters und Saturns ihre Bewegungen geändert hätten. Einige ſuchten die Urſache in dem Widerſtande des Aethers, andere in der Einwirkung der Kometen u. ſ. w. Inzwiſchen war doch keiner in dieſem Zeitraume ſo glücklich, die wahre Urſache davon aufzufinden. Erſt la Place entdeckte, daß die beobachteten Veränderungen in den mittleren Bewegungen des Jupiters und Saturns nicht von ihren ſecularen Ungleichheiten abhangen, ſondern daß ſie vielmehr eine Folge der wechſelſeitigen Einwirkung des Jupiters und Saturns ſeyen. Hievon aber in der Folge.

Die erſten, welche beynahe zu gleicher Zeit mit Hülfe der Analyſe die wechſelſeitigen Einwirkungen der Planeten nach Newtons Syſtem zu unterſuchen anfingen, und daraus den Lauf der Planeten zu beſtimmen

men ſuchten, waren Clairaut, d'Alembert u) und Euler v). Nachher haben ſich mehrere Aſtronomen damit beſchäftigt, unter welchen ich vorzüglich de la Lande w) nenne.

Unterſuchungen der Ungleichheiten, welche die Jupitersmonde nach der Newtonſchen Theorie in ihrem Gange verurſachen, hat W. Wargertin x) angeſtellt, und hiernach ſehr genaue Tafeln für die Jupitersmonde geliefert.

Kometen.

Da Halley bemerkt hatte, daß die Elemente der Bahnen der in den Jahren 1531, 1607 und 1682 beobachteten Kometen ſehr nahe die nämlichen wären, ſo ſchloß er daraus, daß ſie demſelben Kometen zugehörten, welcher in Zeit von 151 Jahren zwey Umläufe gemacht hätte. Die Umlaufszeit von 1531 bis 1607 war um 13 Monate länger, als die von 1607 bis 1682; Halley glaubte daher, die Anziehung der Planeten, und hauptſächlich die des Jupiters und Saturns, habe dieſen Unterſchied veranlaſſen können; und nach einer beyläufigen Schätzung dieſer Wirkung im Verlaufe der folgenden Periode urtheilte er, daß ſie die nächſte Zurückkunft des Kometen verzögern müſſe; er ſetzte ſie alſo auf das Ende des Jahrs 1758 oder den Anfang von 1759 (Th. II. S. 548 f.). Dieſe Vorherſa-

u) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1745.

v) Pièce, qui a remporté le prix de l'Acad. roy. des ſcienc. an. 1748. Sur les inégalités du mouvement de Saturne et de Jupiter. Paris 1749.

w) Aſtron. Liv. XXII.

x) Abhandl. der ſchwed. Akadem. der Wiſſenſch. 1748. S. 169. f.

herſagung war an ſich ſelbſt zu wichtig, und mit der Theorie der allgemeinen Schwere, deren Anwendungen zu erweitern die Geometer um die Mitte des achtzehnten Jahrhunderts beſliſſen waren, zu innig verbunden, um nicht die Neugierde aller derjenigen zu erwecken, welche an dem Fortgange der Wiſſenſchaften Antheil nahmen. Weil aber die ältern Umlaufszeiten ſehr ungewiß ſind, ſo fiengen ſchon die meiſten Aſtronomen an, ihn 1756 zu erwarten, indem die letzte Umlaufszeit ein Jahr kürzer war, als die nächſt vorhergehende, folglich könnte man um ſo weniger ſicher ſeyn, ob er nun nicht nach 74 Jahren wieder erſcheinen würde, da eben Euler [y]) ſeine Hypotheſe durch einen Kometen beſtärken wollte, daß ſich aller Planeten Umlaufszeiten nach und nach verkürzen, weil der Aether der Bewegung der Himmelskörper widerſtehe.

Deßwegen bemühten ſich auch einige, auszurechnen, an welchen Gegenden des Himmels er zu jeder Jahrszeit zu ſuchen wäre. Allein die Jahre 1756, 1757 und 1758 verſtrichen, ohne daß man ihn bey dem fleißigſten Nachſuchen gewahr ward. Clairaut [z]) insbeſondere, welcher einer von den erſten war, welche die Aufgabe von drey Körpern aufgelößt hatten, wandte ſeine Auflöſung auf die Beſtimmung der Ungleichheiten an, welche die Wirkung des Jupiters und Saturns im Laufe des Kometen hervorgebracht hatte. Dieſe ſeine Bemühung konnte er im Jahre 1758 im November der königlichen Akademie der Wiſſenſchaften zu

y) Opuſc. varii argum. p. 246. 276.

z) Theorie du mouvement des Comètes, dans laquelle on a égard aux alterations, que leurs orbites éprouvent par l'action des planètes; avec l'application de cette théorie à la Comète, qui a été obſervée en 1531, 1607, 1682 et 1759. à Paris.

zu Paris vorlegen. Dadurch fand er 1. daß die Umlaufszeit des Kometen von 1531 bis 1607 durch Jupiters Kraft 19 Tage kürzer geworden war, als ſie hätte seyn ſollen, wenn ſonſt kein Körper, als die Sonne, auf ihn gewirkt hätte, und daß außerdem ſeine Ellipſe ein wenig war verändert worden, ſo daß deßwegen die nächſte Umlaufszeit nur 31 Tage kürzer ward; 2. Daß die Umlaufszeit zwiſchen 1607 und 1682. vom Jupiter, nach einer neuen Rechnung, 420 Tage war verkürzt worden, welche zu den 30 Tagen, die eine Folge der vorigen Periode waren, geſetzt, dieſe 451 Tage zu kurz machten; 3. daß der Komet nach dem Jahre 1682 wiederum vom Jupiter ganzer 518 Tage aufgehalten worden iſt, und daß Saturn, welcher ihn die erſtenmale faſt gleichviel abwechſelnd aufgehalten und beſchleunigt hatte, diesmal ebenfalls für ſeinen Theil 200 Tage beygetragen hatte, ſeine Wiederkunft zu verzögern, ſo daß dieſe letzten Umlaufszeiten ohngefähr 618 Tage verlängert werden müßten; 4. daß folglich der Komet dieſen ſeinen Beſtimmungen zu Folge ohngefähr den 15ten Aprill 1759 in ſeine Sonnennähe kommen ſollte. Zugleich bemerkte er aber, daß die kleinen Größen, die er bey ſeinen Näherungen aus der Acht gelaſſen hätte, dieſes Ziel um einen Monat vorrücken oder zurückſetzen könnten, und ſetzte noch überdies die Anmerkung hinzu: ein Körper, der ſo weit entfernte Gegenden durchlaufe, und unſern Augen ſo lange Zeit verborgen bleibe, könnte wohl ganz unbekannten Kräften unterworfen ſeyn, dergleichen die Wirkung der andern Kometen oder ſelbſt eines Planeten wäre, der beſtändig eine zu große Entfernung von der Sonne hätte, um jemals beobachtet werden zu können. Clairaut erhielt wirklich die Genugthuung, zu mehrerer Begründung von Newtons Syſtem ſeine Vorherſagung

erfüllt

erfüllt zu ſehen; der Komet kam wirklich zur Sonnennähe den 12ten März 1759. innerhalb der Grenzen der Fehler, deren er ſein Reſultat fähig glaubte. Nach einer neuen Durchſicht ſeiner Rechnungen ſetzte Clairaut in der Folge dieſe Ankunft auf den 4ten Aprill. Der berühmte Landmann Palitzſch bey Dresden war der erſte, welcher ihn ſahe, indem er ſich der Sonne näherte; dies geſchahe bereits den 25. Dec. 1758. Der Komet war damals noch ſo weit von der Sonne, als Mars, und ein wenig weiter von der Erde, als die Sonne. In Frankreich hatten ihn vor ſeiner Ankunſt zur Sonnennähe de l'Isle und Meſſier den 21ſten Jan. 1759 geſehen, wo der letztere ihn im ſüdlichen Fiſche fand. Damals war er zwar der Sonne näher, aber dagegen viel weiter von der Erde, als im vorigen Monate, daher hatten ſie auch deſto größere Mühe, ihn ſelbſt mit Sternröhren zu beobachten.

Wargertin [a]) bemerkt, daß die Beobachtuntungen, welche man an dieſem Kometen im Jahre 1759 gemacht habe, nicht zur Parabel hätten paſſen wollen; denn als er die paraboliſchen Elemente nach den erſten Beobachtungen geſucht hatte, ſo ſtimmten die letzten mit den Rechnungen, die ſich darauf gründeten, gar nicht überein, oder, wenn er die Elemente mit einander ſo verglich, daß die letzten und erſten Beobachtungen damit zuſammenſtimmten, ſo wichen die mittleren davon ab, wie er auch die Elemente ändern mochte. Die Urſache hievon ſetzt er darin, weil unter allen Kometen dieſer die kürzeſte Umlaufszeit haben werde, und deßwegen könne ſeine Ellipſe nicht ſo lange mit einer Parabel übereinſtimmen, welche eben den Brennpunkt und

a) Abhandl. der ſchwed. Akad. d. Wiſſenſch. 1760. der Ueberſ. S. 12.

und die nämliche Sonnennähe hätte, als ſolches bey andern Kometenellipſen angehe. Diesmal ließen ſich alſo ſeine Bewegungen nur durch die Ellipſe erklären.

Die Newtonſche Theorie des Kometenlaufs iſt durch alle nach Newton erſchienene Kometen, und beſonders an dieſem durch ſeine Vorherverkündigung einzigen in ſeiner Art, beſtätigt worden. Dadurch ward die Meynung der Aſtronomen über die Natur der Kometen dahin geändert, daß man ſie, wie die Planeten, für bleibende, zum Sonnenſyſtem gehörige, und mit lebenden Geſchöpfen verſehene Körper hielt.

Die Geſtalt der Kometen iſt verſchieden, nachdem ſie der Sonne näher kommen oder ſich wieder von ihr entfernen. Der im Jahr 1744 erſchienene zeigte bey ſeiner erſten Erſcheinung keinen Schweif, bekam aber einen, welcher ſich während ſeiner Annäherung an die Sonne bis auf 40° verlängerte. Als er von der Sonne zurückkam, war nur der Schweif allein ſichtbar, aber ſehr groß und in fünf Streifen vertheilt. Heinſius [b]) hat nach ſeinen Beobachtungen durch ein gutes Spiegelteleſkop ſchöne Abbildungen davon geliefert, welche die Entſtehung der Atmoſphäre und des Schweifs durch Auflöſung der Materie des Kerns deutlich zeigen. Auch wurde an dieſem Kometen derjenige Theil am hellſten wahrgenommen, welcher von der Sonne beſchienen wurde.

Im Jahre 1769 erſchien abermals ein Komet, der ſich im September nach Mitternacht am größten zeigte, und mit einem Schweife von 40° verſehen war. Am,

b) Beſchreibung des 1744. erſchienenen Kometen. St. Petersb. 1744. 4.

Am 7ten Octob. gieng er innerhalb der Mercursbahn, 8 mal näher, als die Erde, vor der Sonne vorüber. Nach ſeiner Zurückkunft von derſelben, wo er im November Abends wieder ſichtbar ward, fand ihn Lambert [c]) ſehr verändert.

Wie aus drey Beobachtungen eines Kometen die Elemente des bey uns ſichtbaren Theils ſeiner Bahn gefunden werden können, hatte ſchon Newton gezeigt, nach Newton aber vornemlich Euler [d]). Einen noch leichtern Weg durch Zeichnung hat Lambert angegeben.

Was die Anzahl der zu unſerm Sonnenſyſtem gehörigen Kometen betrift, ſo giebt Lambert [e]) ſelbige bis auf 4000 an, welche die Flächen der Planetenbahnen nach allen möglichen Seiten und Richtungen durchſchneiden, die feſten Sphären des alten Weltſyſtems und Carteſens Wirbel gänzlich zerſtören, dagegen dem Copernikaniſchen und Newtonſchen Syſteme einen neuen Glanz geben, indem ſie unwiderleglich zeigen, daß ſich die Kraft der Sonne nicht blos nach der Fläche der Planetenbahnen, ſondern nach allen Seiten verbreite, und der große Raum nicht unbenutzt bleibe.

Heinſius hatte durch ſeine Beobachtungen vermittelſt eines Spiegelteleſkops gezeigt: daß die Kometen ſehr wahrſcheinlich aus einer Materie beſtehen, welche durch die Einwirkung der Sonnenwärme in der Nähe

c) Beytr. zum Gebrauche der Mathematik. Th. III. Num. 7.

d) Theoria motus planetarum et cometarum. Berol. 1744. 4.

e) Koſmologiſche Briefe. Augſp. 1761. 8.

Nähe der Sonne aufgelöſet, und in Dünſte verwandelt werde, die in den viele Millionen Meilen langen Schweif fortgetrieben werden, und bey der nachmaligen langen Entfernung von der Sonne wieder verdichtet herabfallen.

Der Herr von Mairan f) glaubte, daß die Schweife der Kometen aus Theilen der Sonnenatmoſphäre beſtünden, welche die Kometen an ſich zögen, und welche der Stoß der Sonnenſtrahlen von der Sonne abwärts treibe.

Ueber die Beſtimmungen der Kometen trägt Lambert in ſeinen kosmologiſchen Briefen erhabene Gedanken vor. Bey allen den erſtaunlichen Veränderungen, welche die Kometen von der Sonne erleiden, meint er, ſey es gar nicht unmöglich, daß ſie denkenden und empfindenden, vielleicht ſehr verfeinerten Weſen zum Aufenthalte dienen könnten, welche auf einer ſo viel umfaſſenden Laufbahn reichlichen Anlaß fänden, an der Mannigfaltigkeit der Schöpfung ihre Talente zu üben, und ſich unerſchöpfliche Quellen des Vergnügens zu öfnen.

Die Vorurtheile, welche ſonſt bey Erſcheinung der Kometen, als ſchrecklicher Vorboten des Unglücks, allgemein herrſchend waren, fanden zwar in dieſem Zeitraume unter dem gebildetern Theile der Menſchen nicht mehr ſtatt; dagegen gab die Newtonſche Theorie zu der neuen Furcht Veranlaſſung: es möchte von der großen Anzahl der Kometen, welche das Planetenſyſtem nach allen möglichen Richtungen durchſchneiden, einer durch ſeine Annäherung die Erde zerſtören. So erklär-

f) Traité de l'aurore boreale à Paris 1732. 1754. 8.

erklärte Heyn[g]) den Untergang der Erde dadurch, daß ein Komet ſie in Gegenden treiben werde, wo ſie nicht mehr bewohnbar ſey.

Fixſterne.

Die ſcheinbare Bewegung der Fixſterne, welche um die Pole der Ekliptik mit der Ebene derſelben parallel erfolgt, hatte zwar Newton durch ſein Syſtem zu erweiſen geſucht; allein er hatte hiebey viel Unerwieſenes und Unrichtiges angenommen, welches d'Alembert[h]) verbeſſert, und zuerſt die ſchwere Aufgabe von der Beſtimmung des Fortruckens der Nachtgleichen vollſtändig aufgelöſet hat. D'Alembert hatte bey ſeinen Berechnungen die Geſtalt der Erde nach den neueſten Unterſuchungen, mithin richtiger als Newton angenommen. Ueberdies hatte Newton die Wirkung des Mondes auf unſere Erde, die er aus einigen Beobachtungen über die Ebbe und Fluth beſtimmt hatte, zu groß angeſeƶt, welche durch neuere Unterſuchungen genauer war beſtimmt worden, u. ſ. f.

Mit dem Fortrucken der Nachtgleichen ſteht eine kleine periodiſche Bewegung der Erdaxe, welche das Wanken oder die Nutation derſelben genannt wird, in der genaueſten Verbindung. Vermöge dieſer Bewegung bleiben die Pole am Himmel nicht genau in dem Kreiſe, in den ſie ſonſt wegen des Vorruckens der Nachtgleichen um die Pole der Ekliptik langſam herum zu gehen ſcheinen, ſondern ſie beſchreiben noch außerdem einen kleinen Kreis von 18 Sekund. Durchmeſſer, in

g) Verſuch einer Betrachtung über Kometen, Sündfluth ꝛc. 1742. 8.

h) Recherches ſur la préceſſion des équinoxes et ſur la nutation. à Paris 1749. 4.

in welchem ſie alle 18 Jahre, 8 Monate ein mal her⸗umkommen. Bradley entdeckte dieſe Bewegung zu⸗erſt. Durch Newton's Theorie ward zwar ſchon Flamſtead [i]) veranlaßt, ein Wanken der Erdaxe zu vermuthen, und Römer hatte in einem von Horre⸗bow [k]) angeführten Aufſatze vom Jahre 1692. ähnli⸗che Gedanken geäuſſert; aber die damaligen aſtronomi⸗ſchen Werkzeuge waren noch zu unvollkommen, um ſo feine Bewegungen mit entſcheidender Gewißheit anzuge⸗ben. Bradley ſuchte ſich die kleine jährliche Bewe⸗gung der Fixſterne, die er durch ſeine Beobachtungen in den Jahren 1723 bis 1728 entdeckte, anfänglich auch aus einem Wanken der Erdaxe zu erklären; allein nach reiflicher Ueberlegung fand er die wahre Ur⸗ſache davon vielmehr in der allmähligen Fortpflanzung des Lichts (Th. II. S. 556.). Clairaut [l]), Fon⸗tenelle [m]), Simpſon [n]), Manfredi [o]), Du⸗räus [p]) und andere haben nachher ausführlich erklärt, und Regeln gegeben, wie die durch die Abirrung des Lichts verurſachten Abweichungen, welche die Länge, Breite, gerade Aufſteigung und Abweichung des Sterns ändern, leicht zu berechnen ſind. Auch hat Euler [q]) unter⸗

i) Hiſtor. coeleſt. Britan. T. III. p. 113.

k) Baſis aſtronom. Havniae 1735. 4. p. 86.

l) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1737.

m) Hiſtoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1737.

n) Mathematical eſſays. Lond. 1740.

o) De noviſſimis circa fixorum ſiderum errores obſervationibus. it. in Act. inſt. ſcient. Bonon.

p) Diſſ. binae de aberrat. fixar. Vpſaliae habitae und Abhandl. der ſchwed. Akademie der Wiſſenſch. 1750. S. 203 der Ueberſ.

q) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Pruſſe. an. 1746.

unterſucht, wie weit der Gang der Planeten und Kometen dadurch verändert wird. Alle nachherigen Beobachtungen haben dieſe Theorie beſtätigt. Indeſſen ſetzte Bradley ſeine Beobachtungen über die Abirrung des Lichts bis zum Jahre 1747 fort, und ward dabey eine neue Verſchiedenheit in der Größe gewahr, um welche das Vorrücken der Nachtgleichen die Abweichungen der Fixſterne änderte.

Im Jahre 1727, da der aufſteigende Knoten des Mondes den Frühlingspunkt traf, ſchien das Vorrücken an dem am Kolur der Nachtgleichen ſtehenden Sterne etwas größer, als ſonſt geworden zu ſeyn; im Jahre 1732, da der Mondsknoten bis zum Winterpunkte zurückgegangen war, hatte es ſeine gewöhnliche mittlere Größe; in den folgenden Jahren ward es geringer bis 1736, da der Mondsknoten zur Herbſtnachtgleiche kam. In der folgenden Hälfte des Umlaufs der Mondsknoten nahm es wieder zu, ſo daß es 1741 ſeine mittlere Größe erreichte, und 1745 am Ende von 18 Jahren wieder eben ſo groß, als 1727 war. Dabey hatten die Sterne, welche nahe am Kolur der Sonnenwenden ſtanden, ihre Abweichung von 1727 bis 1736 um 18″ weniger geändert, als es die mittlere Größe des Vorruckens erforderte; von 1736 bis 1745 hingegen veränderten ſie dieſelbe 18″ mehr, ſo daß ſie am Ende dieſer 18 Jahre, in welchen die Mondsknoten einen völligen Umlauf gemacht hatten, alle wieder in den vorigen Punkten des Himmels ſtanden, wenn dabey das Vorrucken der Nachtgleichen mit in Betrachtung gezogen ward.

Bradley ward bald überzeugt, daß dieſe Ungleichheit der Einwirkung des Mondes zuzuſchreiben ſey. Dieſer hatte ſich im Jahre 1727, als ſeine Knoten

ten die Nachtgleichen trafen, in ſeinen größten Breiten auf $28\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} + 5$) Grad weit vom Aequator entfernen können; da er hingegen 1736, als ſeine Knoten in die Sonnenwenden fielen, nie weiter, als $18\frac{1}{2}$ ($23\frac{1}{2} - 5$) Grad, vom Aequator abgehen konnte. Er hatte alſo im Ganzen genommen um 1727 unter einem weit größern Winkel, alſo viel merklicher, auf den Aequator der Erdkugel gewirkt, und daher das Vorrucken der Nachtgleichen weit mehr befördert, als dies um 1736 geſchah. Da Bradley am Ende der Periode hierüber keinen Zweifel mehr behielt, ſo machte er dieſe ſcheinbare Bewegung der Fixſterne mit ihren Geſetzen in den philoſophiſchen Tranſaktionen [r]) bekannt. Der damalige Sekretair der königlichen Societät, Machin, ſahe ſogleich, daß es zu Erklärung dieſer Bewegung mit allen ihren Folgen völlig hinreichend ſey, wenn man ſich vorſtelle, daß die Erdpole während der Umlaufszeit der Mondsknoten einen kleinen Kreis von 18″ im Durchmeſſer beſchrieben. Indeſſen ließen doch Bradley's Beobachtungen noch einige Ungewißheit zurück. Endlich aber hat d'Alembert in der vorhin angeführten Schrift nach der Newtonſchen Theorie durch eine ſehr ſchöne Analyſe die Bewegungen der Erdaxe für jede beliebige Geſtalt und Dichtigkeit der Schichten des Erdſphäroids beſtimmt, und nicht nur mit den Beobachtungen übereinſtimmende Reſultate gefunden, ſondern auch die wahren Dimenſionen der kleinen Ellipſe, welche der Erdpol beſchreibt, bekannt gemacht. Er fand, daß der Mond am Vorrucken der Nachtgleichen zwar den ſtärkſten Antheil hat, daß er aber dieſen Antheil wegen ſeines ver-

r) Philoſ. Tranſact. num. 485. überſ. im Hamb. Magaz. B. III. St. 6. Num. I.

verſchiedenen Standes gegen den Erdäquator auf eine viel ungleichere Weiſe hervorbringe, als die Sonne den ihrigen, und daß er dadurch nicht allein ein beſtändiges Zurückgehen, ſondern auch eine periodiſche Ungleichheit deſſelben, und eine Wendung der Axe bewirke, welche ihre vorige Stellung wieder erhält, wenn die Mondsknoten zu den vorigen Punkten zurückkommen. Nach Bradley's Beobachtungen beträgt das Fortrucken der Nachtgleichen 58″, wenn der aufſteigende Knoten des Mondes in 0° ♈ iſt; 53″, wenn er ſich in 0° ♎; $50\frac{1}{3}$, wenn er ſich in ° ♋ oder in 0° ♑ befindet. Beym mittleren Fortrucken kommen etwa 35″ vom Monde, die übrigen 15″ von der Sonne her.

Nach Halley haben Caſſini, Richer, le Monnier und Bradley an den großen Fixſternen, dem Aldebaran, Arktur und Sirius, ihre Beobachtungen fortgeſetzt, und aus Vergleichung der ihrigen mit den von Tycho, Picard, de la Hire und Flamſtead angeſtellten gefunden, daß Arktur wirklich in 66 Jahren um 2½ Minute nach Süden fortrucke, beym Sirius aber dieſe Bewegung nach Süden ſeit Tycho's Zeiten erſt 2 Minuten ausmache. Auch fand Caſſini eine eigene Bewegung an den Sternen Rigel, Betrignuza, Regulus, Capella und Athair. Tobias Mayer[s]) liefert ein Verzeichniß von mehr als 70 Sternen, von welchen ſich aus Vergleichung ſeiner Beobachtungen mit ältern von Römer und de la Caſſille ſchließen läßt, daß ſie eine eigene Bewegung beſitzen.

Ueber

s) De motu fixarum proprio in *Tob. Mayeri* opp. inedit cura *G. C. Lichtenberg*. Gotting. 1775. 4. Vol. I. no. 6.

Ueber die Einrichtung des ganzen Weltgebäudes und die Beſtimmungen der zahlloſen Fixſterne haben die Aſtronomen mancherley erhabene Gedanken geäuſſert. Thomas Wright t) trägt in einem mit ſchönen Abbildungen des Fixſternhimmels begleiteten Werke den Gedanken vor: die Fixſterne ſtünden in ordentlichen Lagen und gleichen Entfernungen, und ſchienen uns nur unordentlich, weil wir ſie nicht aus der gehörigen Stelle betrachteten. So ſcheine das Syſtem der Jupitersmonde auf den erſten Blick unordentlich, und eben ſo müßte einem entfernten Auge unſer ganzes Planetenſyſtem vorkommen, obgleich in beyden die ſchönſte Ordnung herrſche. Hier liege aber die Ordnung in der Bewegung durch Bahnen, und gehe beym Anblicke darum verloren, weil das Auge die Körper nur in einzelnen Stellen dieſer Bahnen ſehe. Die Reihen der Fixſterne erſtreckten ſich hauptſächlich durch die Ebene der Milchſtraße, und nach dieſer Richtung lägen ſie ohne Vergleichung häufiger hinter einander, als nach den übrigen. Er giebt auf zwey Platten eine ſehr ſchöne Abbildung der Milchſtraße, und berechnet in ſelbiger, indem er ihr eine Breite von 9° giebt und in jeden Quadratgrad 1200 Sterne ſetzt, die Anzahl der Weltſyſteme auf 3888000. Dieſe Schrift veranlaßte Herrn Kant u), ähnliche Gedanken über den Weltbau vorzutragen. Seiner Muthmaßung zu Folge iſt die Milchſtraße ein Sternſyſtem, zu welchem unſere Sonne mit gehört, die Nebelſterne ſind ähnliche von uns entfernte Sternſyſteme oder Milchſtraßen, und mehrere derſelben

t) An original theory of the univerſe. London 1750. 4.

u) Allgemeine Naturgeſchichte und Theorie des Himmels. Königsb. 1755. 8.

ſelben können wiederum neue Syſteme höherer Ordnungen bilden.

Noch viel weiter hat dieſen erhabenen Gedanken Lambert v) getrieben. Er ſtellt ſich vor, daß alle außerhalb der Milchſtraße liegende zerſtreut erſcheinende Fixſterne zuſammen ein einziges Syſtem ausmachen, zu welchem unſere Sonne mit gehöre, ſo wie ſchon Kant gemuthmaßt hatte. In der Ebene der Milchſtraße liegen nun in unermeßlichen Reihen hinter einander nicht blos einzelne Fixſterne mit ihren Planeten, ſondern ganze dem vorigen gleiche Syſteme, zu deren jedem viel tauſend Sonnen, jede mit ihren Planeten, gehören. Obgleich ſchon die einzelnen Sonnen ſehr weit von einander entfernt ſind, ſo ſind doch die Abſtände zwiſchen dieſen Syſtemen noch bey weitem größer. Ein ſolcher für unſere Vorſtellung ungeheurer Abſtand findet ſich auch zwiſchen unſerm Fixſternſyſtem, das ſich über den ganzen geſtirnten Himmel verbreitet, und den übrigen, deren vereinigter Glanz die Erſcheiſcheinung der Milchſtraße veranlaßt.

Dem ganzen Syſteme giebt Lambert eine langſame Bewegung um einen Haupt- oder Centralkörper, von welchem er es unentſchieden läßt, ob er eine Sonne oder eine dunkele Maſſe ſey. Den Sirius dafür anzunehmen, iſt er nicht geneigt; eher könnte man den bekannten Nebelfleck am Schwerdte des Orions dafür halten; die Erfahrung müſſe lehren, ob dieſer Fleck periodiſche Lichtabänderungen nach der Theorie der Phaſen zeigen, und ſich etwa dadurch als ein dunkeler von umlaufenden Sonnen erleuchteter Körper zu erkennen gebe.

Die

v) Cosmologiſche Briefe über die Einrichtung des Weltbaues. Augsburg 1761. 8.

Die Milchſtraße ſetzt Lambert aus lauter ähnlichen durch eben ſolche Abſtände getrennten Syſtemen zuſammen, welche er bisweilen ſelbſt Milchſtraßen nennt. Jedes einzelne Syſtem für ſich würde wie ein blaſſes Wölkchen oder Nebelfleck erſcheinen; alle zuſammen ſchieben ſich in einander, und bilden die lichte Zone, die doch an manchen Stellen unterbrochen, geſpalten, oder in kleine Wölkchen zertheilt ſcheint. Jedes dieſer unzählbaren Syſteme hat ſeinen eigenen Hauptkörper, und vielleicht machen ſie alle zuſammen nur ein Syſtem einer noch höhern Ordnung aus, in deſſen Mittelpunkte ſich wieder ein Hauptkörper von einer noch beträchtlicheren ſeinem ungeheuren Gebiete angemeſſenen Größe befindet; vielleicht muß man noch durch mehrere ſolche Ordnungen oder Stufen aufſteigen, ehe man die Grenze dieſer Reihe erreicht, die dem Throne der Allmacht am nächſten iſt u. ſ. w.

Die Urſache der Lichtabwechſelung und des Verſchwindens und Wiedererſcheinens der ſo genannten veränderlichen oder wunderbaren Sterne leitet Bouillaud davon her, daß diejenigen Fixſterne, welche dergleichen zeigen, nur halbe Sonnen wären, deren eine Hälfte leuchtend, die andere dunkel ſey, und die ſich um ihre Axe drehten. Nach des Herrn von Maupertuis [w]) Meynung haben dieſe Sterne durch eine ſchnelle Axenumdrehung eine ſehr platte tellerförmige Geſtalt erhalten, und ein großer Planet ändere die Richtung ihrer Axen ſo, daß ſie uns bisweilen die platte Seite, bisweilen die ſchmale Kante zukehrten, und im letztern Falle mit ſehr ſchwachem Lichte ſchienen oder gar verſchwänden.

w) Diſcours ſur les differentes figures des aſtres. à Paris 1732. 8.

Viertes

Viertes Kapitel.

Von den Meynungen und Entdeckungen, welche unſere Erde insbeſondere angehen.

Geſtalt der Erde.

Ungeachtet der jüngere Caſſini durch ſeine Meſſung den nördlichen Grad kleiner als den ſüdlichen gefunden hatte, und daher die Erde für ein länglichtes Sphäroid hielt, ſo behaupteten doch die Newtonianer ganz unbeweglich, daß die Erde unter den Polen flacher als am Aequator ſeyn müſſe. Indeſſen ſuchte der Herr von Mairan x) die beyden mit einander ſtreitenden Parteyen zu vereinigen, und zu beweiſen, daß die länglichte Geſtalt allerdings mit den hydroſtatiſchen Geſetzen beſtehen könne. Allein Desaguliers y) behauptete, daß dies widerſprechend ſey, und mit ſich gar nicht beſtehen könnte; er hielt Caſſini's Meſſung für mangelhaft, und daher keinesweges geſchickt, daraus auf irgend eine Geſtalt der Erde zu ſchließen. Andere, wie z. B. Poleni, ſuchten noch andere Mittel, um beyde Parteien zu vereinigen. Dadurch ward Caſſini veranlaßt, andere Gründe für ſeine Behauptung beyzubringen; er unternahm es daher, in den Jahren 1733 und 1734 eine Meſſung von anderer Art anzuſtellen, welche doch ebenfalls die Geſtalt der Erde zu erkennen geben ſollte. Er richtete nämlich eine Linie ſenkrecht auf die ſchon vorher gezogene Mittagslinie durch die Pariſer Sternwarte auf, und verlän-

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1720.

y) Philoſ. Tranſact. Num. 386-388. for the year 1725.

verlängerte ſie öſtlich und weſtlich durch ganz Frankreich, von St. Malo bis Strasburg. Die Länge beſtimmte er ebenfalls durch Dreyecke, aber wie viel Grade ſie vom Parallelkreiſe durch die Sternwarte enthielte, machte er durch Verfinſterungen der Jupitersmonde aus, die er in St. Malo und in Strasburg beobachtete, wo ſich dann fand, daß die Länge der Grade in dieſem Parallelkreiſe mit der länglichten Geſtalt der Erde, die er durch vorhergehende Meſſungen erhalten hatte, allerdings übereinſtimmte [z]). Je mehr ſich aber Caſſini auf ſolche Meſſungen ſtützte, deſto mehr Gründe ſuchten die Newtonianer für ihre Meynung auf. Sie beſtanden darauf, die Zahl der Grade in dieſem Parallelkreiſe könnte noch weniger ſo genau durch Verfinſterungen der Jupitersmonde hervorgebracht werden, wie zur Beylegung des Streites erfordert würde, als man durch Beobachtung der Höhen der Sterne die Größe des Bogens vom Mittagskreiſe zu beſtimmen vermöchte. Sie beriefen ſich auf die Geſtalt des Jupiters, von der man längſt gefunden hatte, daß ſie ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid ſey, ſo daß ſeine Axe $\frac{1}{13}$ kleiner iſt, als eine Querlinie, welche ſenkrecht auf die Axe durch den Mittelpunkt geht. Dieſe ſehr merkliche Ungleichheit ſtimmte allerdings mit phyſiſchen Gründen zuſammen, wenn man den ſchnellen Umſchwung des Planeten um ſeine Axe innerhalb 10 Stunden mit der Größe ſeines Körpers, welche die der Erde faſt 1000 mal übertrift, vergleicht, und dabey in Betrachtung zieht, daß er wenigere Dichtigkeit, wie unſere Erde, beſitzt; warum ſollten nicht auch bey der Erde dieſelben Urſachen die nämlichen Wirkungen hervorbrin-

z) Mémoir. de Paris. an. 1733. 1734.

bringen? So ſchloſſen ſchon de Maupertuis [a]) und Bouguer [b]).

Diejenigen, welche dieſen Streit ganz unpartheiiſch betrachteten, gaben doch zu, daß ſich viel eher würde beweiſen laſſen, ein Fehler von einigen Sekunden, welchen man in der Meſſung des Abſtandes der Sterne vom Scheitelpunkte begangen hätte, könnte der länglichten Geſtalt der Erde ſehr vortheilhaft ſeyn, als daß Newton's Theorie über den Haufen geworfen würde. Sie urtheilten ganz richtig ſo, die nordwärts und ſüdwärts um Paris gemeſſenen Grade wären einander viel zu nahe, und daher ihr Unterſchied viel zu klein, als daß man ihn ſo leicht durch Beobachtungen entdecken könnte, weil ein Fehler von einigen wenigen Sekunden, den man bey Beſtimmung der Höhe der Sterne begienge, und welcher ſchwerlich zu vermeiden wäre, der Erde eine ganz andere Geſtalt, als ſie wirklich habe, geben könnte. Sie gaben daher den Rath, zwey weit von einander abgeſonderte Grade zu meſſen, z. B. einen unter dem Aequator ſelbſt, den andern ſo nahe bey einem der beyden Pole, als man kommen könnte. Wenn nun da die Erde nicht kugelrund wäre, ſondern die Grade vom Aequator an gerechnet beſtändig zunähmen, wie Newton behauptete, oder beſtändig abnähmen, wie Caſſini's Meſſungen verlangten, ſo würde der Unterſchied ſo merklich werden, daß kein Verſehen in den Beobachtungen die wahre Geſtalt der Erde zweifelhaft machen könnte. Man ſahe wohl ein, daß es für die Aſtronomie, Geographie und Schiffahrt äußerſt wichtig war, die wahre Geſtalt der Erde ſo genau als möglich zu beſtimmen. Die Franzöſiſche Regie-

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1733.

b) Ibid. an. 1734.

Regierung war ſogleich bereitwillig, eine der glänzendſten und für die Naturwiſſenſchaft überhaupt vortheilhafteſten Unternehmungen in Ausführung zu bringen. Es wurden alſo zu Abmeſſung zweyer ſo nahe als möglich am Pol und Aequator gelegenen Grade die Herrn Bouguer, de la Condamine, Godin, Juſſieu und Coupler nach Quito im nördlichen Theile von Peru, von Maupertuis, Clairaut, Camus, le Monnier und der Abt Outhier nach Lappland geſendet. Die erſtern traten ihre Reiſe bereits im Jahre 1735 an, und die beyden Gebrüder, Don Georg Juan de Ulloa, ein ſpaniſcher Officier, und Antonio de Ulloa begleiteten die Akademiſten. Die andern reiſeten das Jahr darauf ab, welche der berühmte ſchwediſche Gelehrte Celſius begleitete. Dieſe vollendeten ihr Werk zuerſt; ſie hatten in den Jahren 1736 und 1737 bey der Stadt Torneå und dem Dorfe Pello einen Bogen des Mittagskreiſes gemeſſen, der faſt Einen Grad enthielt, und gaben ſchon 1738 Nachricht von den gefundenen Reſultaten [c]). Der gemeſſene Bogen betrug nach zwey verſchiedenen Reihen von aſtronomiſchen Beobachtungen 57′ 27″ bis 57′ $30\frac{1}{2}$″, woraus man das Mittel von 57′ $28\frac{3}{4}$″ nahm, und ſeine Länge, durch eine auf dem Eiſe gemeſſene Grundlinie von 7406 Toiſen, und trigonometriſche Berechnung der damit verbundenen Dreyecke beſtimmt, fand ſich $55023\frac{1}{2}$ Toiſen. Hieraus folgt der in Lappland

c) Figure de la terre, determinée par les obſervations des Mſſrs. *de Maupertuis*, *Clairaut*, *Camus* etc faites par l'ordre du Roi au cercle polaire. à Paris 1738. 8. Figur der Erde, beſtimmt durch die Beobachtungen der Herrn von Maupertuis u. ſ. Zürich 1741. 8. Journal d'un voyage au Nord par Mſr. l'abbé *Outhier*. Paris 1738. 8.

land gemeſſene Grad = 57437,9 Toiſen, und alſo 378 Toiſen größer, als alle in Frankreich gemeſſene, da er doch nach Caſſini's Berechnung 500 Toiſen kleiner ſeyn ſollte. Nach ihrer Zurückkunſt in Frankreich 1739 prüften dieſe Abgeſandten den Bogen des Mittagskreiſes zwiſchen den Kirchen U. L. Fr. zu Amiens und zu Paris, den Picard zuvor gemeſſen hatte, rechneten aber doch die kleinen Aenderungen in den Declinationen der Sterne ab, die ſich zwiſchen den Zeiten, da die Beobachtungen an jenem Orte waren angeſtellt worden, zutrugen, und von den Abirrungen herrührten, die Picard noch nicht gewußt hatte. Sie fanden, daß Picard den Bogen des Mittagskreiſes zwiſchen dieſen beyden Kirchen faſt 8 Sekunden zu groß, und alſo den Grad 123 Toiſen zu klein gemacht hatte. Da man nun hiermit zu Stande gekommen war, und dieſen Grad mit demjenigen verglich, der in Lappland war gemeſſen worden, ſo ließ ſich mit Gewißheit ſchließen, daß die Erde ein an den Polen abgeplattetes Sphäroid ſey, und ſich die Axe der Erde zu des Aequators Durchmeſſer beynahe wie 177 : 178 verhalte [d]). Caſſini wollte zwar einige Einwendungen machen, und ihnen gewiſſe Berichtigungen, die ſie verabſäumt hätten, zur Laſt legen; allein nachdem ſie, beſonders Celſius [e]), gezeigt hatten, daß dergleichen nicht nöthig geweſen wären, daß aber wohl Caſſini ſelbſt bey ſeinen Meſſungen vieles in Acht zu nehmen verabſäumt hätte, woran noch weit mehr gelegen geweſen wäre, und beſonders nachdem auch die Akademiſten, welche nach Amerika gereiſet waren, wieder zurück kamen, ſo hörte auch bald nachher der ganze Streit auf.

Dieſe

d) Degré du meridien entre Paris et Amiens par les obſervat. de Mſr. *Maupertuis* etc. Paris 1740. 8.

e) Disquiſitiones de figura telluris. Upſ. 1739.

Dieſe hatten wegen vieler vorgefallenen Beſchwerlichkeiten mit ihrem Bogen des Mittagskreiſes nicht eher als 1742 fertig werden können, da ſie mit 33 Dreyecken zwey auf dem höchſten Gebirge in Peru gelegene Oerter, Tarqui und Cochesqui, jenes ſüdlich und dieſes nordlich des Aequators, verbunden hatten. Die Weite des Bogens zwiſchen beyden fanden ſie 3° 7′ 2″ und die Länge der ganzen Mittagslinie 176940 Toiſen, woraus die Größe eines Grades unter dem Aequator 56741 Toiſen, alſo 442 Toiſen geringer, als der nächſte nördliche Grad um Paris, und 697 kleiner als der unter dem Polarkreiſe, aber 1285 kleiner, als er nach Caſſini's Tafeln ſeyn ſollte, wenn die Erde eine länglichte Geſtalt gehabt hätte, gefunden ward. Solche große Unterſchiede ließen ſich keinem Fehler der Beobachtungen zuſchreiben, beſonders da dieſe mit außerordentlich genauen Werkzeugen angeſtellt, und der Sicherheit wegen oft wiederholt waren [f]). Dadurch ward es alſo außer allem Zweifel geſetzt, daß die Erde ein an den Polen abgeplatteres Sphäroid ſey, und Newtons Meynung ward völlig beſtätigt.

Alle nachfolgende Gradmeſſungen ſtimmen durchgängig hiemit überein, dergleichen de la Caille [g]) auf

f) La figure de la terre determinée par les obſervations des Mſſrs. *Bouguer* et *de la Condamine* envoyés au Perou, par l'ordre du Roi, par Mſr. *Bouguer*. Paris 1749. 4. Méſure des trois prémiers degrés du meridien dans l'hémiſphère auſtral, par Mſr. *de la Condamine*. Paris 1751. 4. Relacion hiſtorica del viage a la America meridionel di *Don Juan de Ulloa*. Madrid 1748. 4.

g) Diverſ. obſervat. aſtronomiques et phyſiques faites au Cap de bonne eſpérance in Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1751.

auf dem Vorgebürge der guten Hofnung, Maſon und Dixon [h]) in Nordamerika, P. Joſeph Liesganig [i]) in Ungarn, der P. P. Maire und Boscowich [k]) auf Benedict XIV. Anordnung im Kirchenſtaate, und P. Beccaria und Abb. Canonica [l]) in Piemont unternommen haben. Folgende Tafel enthält die bis hieher gemeſſenen Grade des Mittagskreiſes in Toiſen.

Beobachter	Orte der Gegenden	Mittlere Breite	Länge des Grades
Bouguer	Peru	1° 20′ S.	56753
de la Caille	Vorgeb. d. g. Hofn.	33 18 S.	57037
Maſon	Penſylvanien	39 12 N.	56888
Boscowich	bey Rom	43 1	56979
Caſſini	Perpignan, Rhodes	44 33	57048
Beccaria	Turin	44 44	57138
Liesganig	Ungarn	45 57	56881
Caſſini	Rhodes, Bourges	46 14	57040
— —	Bourges, Paris	47 28	57071
Liesganig	Wien	48 43	57086
Caſſini	Paris, Amiens	49 20	57074
— —	Amiens, Dünkirchen	50 27	57092
Snellius	Holland	52 2	57145
Norwood	England	53 0	57300
v. Maupertuis	Lappland	66 19	57422

Wenn zwey Grade des Mittagskreiſes, welche unter verſchiedenen Breiten liegen, ihrer Größe nach bekannt

h) Philoſ. Tranſact. 1765. p. 326.

i) Dimenſio graduum merid. Viennenſ. et Hungar. 1770.

k) De litteraria expeditione etc. franz. mit Anmerk. Voyage aſtronomique et geograph. dans l'étât de l'égliſe. 1770.

l) Gradus Taurinenſis 1774. 4.

kannt ſind, ſo läßt ſich berechnen, wie groß jeder Grad auf der ganzen Erde im Mittagskreiſe und in jedem Parallelkreiſe ſeyn muß. Hiebey wird aber natürlich vorausgeſetzt, daß die Erdmeridiane unter ſich alle gleich ſind. Maupertuis m), Bouguer n), Clairaut o), Klingenſtierna p) und Mallet q) haben hiezu Formeln gegeben. Allein Bouguer, der damals doch nicht mehr, als drey verſchiedene Grade mit einander vergleichen konnte, fand nachher, daß die Erdmeridiane unter ſich nicht gleich ſind, und ſchrieb daher der Erde eine Krümmung anderer Art zu, welche auch de la Lande r) annimmt. Ueberdies hatte auch des Abt de la Caille Gradmeſſung am Vorgebürge der guten Hofnung Zweifel veranlaßt, ob die ſüdliche Hälfte der Erdkugel eben ſo, wie die nördliche, gekrümmt ſey.

Nähme man wirklich an, daß unſere Erde eine ellipſoidiſche Geſtalt beſitze, wovon die Meridiane vollkommen gleiche Ellipſen ſind, ſo kommen gleichwohl auch bey dieſer Vorausſetzung immer noch andere Verhältniſſe des Durchmeſſers zur Axe heraus, je nachdem man dieſes oder jenes Paar von Graden vergleicht. Mallet giebt nach ſeiner auf die Natur der Ellipſe gegründeten Formel folgendes an:

Ver-

m) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1733.

n) ibid. an. 1734.

o) Theorie de la figure de la terre. à Paris 1743. 8.

p) Abhandl. der kön. ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. 1744.

q) Allgemeine oder mathematiſche Beſchreibung der Erdkugel, aus dem Schwed. von Röhl. Greifsw. 1774. 4.

r) Aſtronomie §. 2683.

Verglichene Paare von Graden	Verhältniß des Durchmeſſers zur Axe
Lappland, Frankreich	144,5 : 143,5
Cap der guten Hofnung, Peru .	180,7 : 179,7
Lappland, Peru . . .	215,2 : 214,2
Lappland, Cap d. gut. Hofnung .	240,6 : 239,6
Frankreich, Peru . .	300,6 : 299,6
Italien, Peru	351,5 : 350,5

Das Mittel aus dieſen allen iſt 238,8 : 237,8, welches Newton's aus der bloßen Theorie hergeleitetem Verhältniſſe 230,6 : 229,6 nahe genug kommt. Euler hat die vier von Picard, Maupertuis, Bouguer und de la Caille gemeſſenen Grade dadurch in eine Ellipſe zu bringen geſucht, daß er jeden um etwas änderte. Daraus findet er dieſer Ellipſe Durchmeſſer zur Axe wie 230 : 229, welches Newton's Verhältniß ſelbſt iſt. Allein de la Caille war mit dieſen Aenderungen nicht zufrieden.

Mallet theilt analytiſche Berechnungen der ellipſoidiſchen Oberfläche und des körperlichen Inhalts mit, nach welchen

der Inhalt eines Meridians	5389 geograph. Meilen
die Oberfläche der Erde	8400165 Quadr. Meilen
der körperliche Inhalt	2669064400 Cubikmeilen

beträgt.

Das Verhältniß des Durchmeſſers zur Axe fanden

Maupertuis	wie	178 : 177
Bouguer	—	179 : 178
de la Caille	—	200 : 199
Ulloa	—	266 : 265
de la Condamine	—	300 : 299

Herr

Herr de la Lande nennt Größe oder Grad der Abplattung den Unterſchied zwiſchen Durchmeſſer und Axe als Theil der letztern ausgedruckt, oder durch letztere dividirt, z. B. $\frac{1}{177}$, wenn beyder Verhältniſſe 178 : 177 angenommen wird. In Decimaltheilen der Axe ſind daher die Größen der Abplattung nach

Maupertuis	= 0,005649
de la Caille	= 0,005025
Newton	= 0,004348
de la Condamine	= 0,003344

Es iſt merkwürdig, daß dieſe bisher erzählten Bemühungen vorzüglich durch die beobachtete Veränderung an der Länge des Sekundenpendels an verſchiedenen Orten der Erde veranlaßt worden ſind, denn ſchon Newton gebrauchte dergleichen Beobachtungen, um die aus ſeiner Theorie gezogenen Folgen damit zu beſtätigen. Newton ſetzte nämlich voraus, daß die Erde durch den Umſchwung um die Axe eine ellipſoidiſche Geſtalt erhalten haben müſſe, und berechnete daraus das Verhältniß des Durchmeſſers zur Axe = 230 : 229.

Wie ſich nun die Schweren an den verſchiedenen Stellen eines ſolchen Ellipſoids verhalten müſſen, welches durch die Schwungkraft ins Gleichgewicht und in den Beharrungsſtand gekommen iſt, das macht den Gegenſtand einer mathematiſchen Unterſuchung aus, welche bereits Newton angefangen hatte. Maclaurin[rr]) hat ihn weiter verfolgt, unter der Vorausſetzung, daß die elliptiſche Figur dem Gleichgewichte einer gleichartigen flüſſigen Maſſe Genüge thue. Wenn man ſich nämlich zwey flüſſige Säulen, deren eine aus dem Mittel,

rr) Treatiſe of fluxions §. 662.

telpunkte des Sphäroids nach dem Pole, die andere nach einem beliebigen Punkte ſeiner Oberfläche geht, ſo erhellet, daß, wenn das Sphäroid ſehr wenig abgeplattet iſt, die nach den Richtungen dieſer Säulen zerlegten Schweren ſehr nahe die nämlichen wie die ganzen Schweren ſeyn werden. Theilt man daher die Länge der Säule in eine gleiche Zahl unendlich kleiner, dieſen Längen proportionirter Theile, ſo werden die Gewichte der zuſammengehörigen Theile ſich zuſammen verhalten, wie die Produkte aus den Längen der Säulen durch die Schweren in den Punkten der Oberfläche, wo ſie ſich endigen; die ganzen Gewichte dieſer Säulen werden alſo in dem nämlichen Verhältniſſe ſtehen. Im Falle des Gleichgewichts müſſen dieſe Gewichte gleich ſeyn, folglich ſind die Schweren auf der Oberfläche den Längen der Säulen umgekehrt proportionirt. Da alſo der Halbmeſſer des Aequators den des Pols um $\frac{1}{230}$ übertrifft, ſo muß die Schwere unter dem Pole die am Aequator um $\frac{1}{230}$ übertreffen. Auch, wenn die Maſſe der Erde nicht gleichartig wäre, hat Bouguer bewieſen, daß das Gleichgewicht noch möglich ſey, wenn die elliptiſche Geſtalt an ihrer Oberfläche und in den Schichten des innern Kerns vorausgeſetzt werde. Mit der Unterſuchung dieſes Gegenſtandes hat ſich noch Simpſon und der P. Friſi[s]) beſchäftigt. Bey der Vorausſetzung einer gleichartigen durchaus dichten Materie, oder wenigſtens einer gleichen Dichtigkeit in gleichen Abſtänden vom Mittelpunkte haben Alle folgende Reſultate gefunden: daß ſich die Schweren an verſchiedenen Orten der Erde ſehr nahe verkehrt, wie die

s) Disquiſit. mathematica in cauſam phyſicam figurae et magnit. telluris. Mediolani 1751. 4. u. De gravitate univerſali corporum libri III. Mediol. 1768. 4. Lib. II. c. 2.

die Abſtände vom Mittelpunkte, imgleichen, wie die Cubikwurzeln aus den Halbmeſſern der Krümmung an den Stellen der Erdfläche verhalten; daß ſich die Zunahme der Schwere vom Aequator nach dem Pole zu allemal wie das Quadrat des Sinus der Breite verhält u. ſ. w.

Die bisher angeſtellten Meſſungen hatten aber unläugbar gezeigt, daß die daraus gefundenen Reſultate mit den von Maclaurin und Bouguer angenommenen Vorausſetzungen, wie letzterer ſelbſt ſchon gefunden hatte, nicht übereinſtimmten; daher hat man angerathen, die Größe der Schweren lieber durch unmittelbare Verſuche mit dem Pendel zu beſtimmen.

Die Pendelverſuche erfordern indeſſen einen ſehr hohen Grad von Genauigkeit, wenn ſie etwas ſicheres lehren ſollen. Huygens hatte aus Verſuchen die Länge des Sekundenpendels zu Paris = 440,5 Linien gefunden. Der Herr von Mairan[t]) giebt ſeine Beſtimmung von 440,5666 — — — Lin. für Paris als das, was er der Wahrheit am nächſten kommend, aus vielen Urſachen habe ſchließen können. Dieſe Angabe iſt um $\frac{1}{15}$ Linie größer, als die von Huygens. Herr de la Lande[u]) berichtet aber, Mairan habe ſich einer unrichtigen Toiſe bedient, und bringt die von ihm angegebenere Pendellänge in ſeiner Tafel auf 440,52 Linie. Bouguer fand, wie de la Lande in eben der Tafel angiebt, 440,67. Der Herr von Mairan beſchreibt in der eben angeführten Abhandlung umſtändlich, wie dergleichen Verſuche anzuſtellen ſind.

t) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1735.
u) Aſtron. §. 2638.

ſind. Er hat ſich dabey einer Pendeluhr und eines Gewichts an einem langen Faden bedient, wozu ſehr häufig Fäden von einer Art Amerikaniſcher Aloe gebraucht werden, daher man die damit verſehenen Pendeln auch Pitt-Pendel zu nennen pflegt. Weil das Gewicht dabey nicht allemal in einer Vertikalfläche bleibt, ſondern mit dem Faden koniſche Schwünge beſchreibt, ſo hat Clairaut x) ſolche Bewegungen unterſucht.

Seit 1728 ſind folgende Pendelverſuche vorgenommen worden: Graham im Jahre 1731 zu London, auf Jamaika Campbell y); im Jahre 1735 Mairan zu Paris, ſo wie auch Bouguer, Godin u. andere. Zur leichtern Ueberſicht ſind ſie in folgende Tafel zuſammengeordnet worden:

Pendellängen durch unmittelbare Meſſungen beſtimmt.

Beobachter	Ort	Breite	Sekundenpendel in Pariſ. Linien
Bouguer	Pichincha, 2400 Toiſen hoch	0° 13′	438,69
— —	Quito, 1500 Toiſ. hoch	0 25	438,82
— —	Quito, am Meer	— —	439,10
Richer	Cayenne	4 56	439,32
Bouguer	Panama	8 35	439,20
Godin	Portobello	9 33	439,08
— —	Klein Goava	18 27	439,37
Ulloa	Guarico	19 46	439,32
de la Caille	Cap der gut. Hofnung	33 55	440,05
Jacquier	Rom	41 54	440,28

Picard

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1735.
y) Philoſoph. Tranſact. 1734. p. 302.

Beobachter	Ort	Breite	Sekundenpend. in Pariſ. Linien
Picard	Bayonne	43° 30′	440,50
Liesganig	Wien	48 12	440,56
Richer	Paris	48 50	440,60
Mairan	—	— —	440,57
Graham	London	51 31	440,60
Lulofs	Leiden	52 9	440,71
Mayer	Greifswald	54 4	440,83
	Archangel	64 33	441,10
	Kola	68 52	441,31

Pendellängen durch Vergleichung der Schwingungs-zahlen beſtimmt.

Beobachter	Ort	Breite	Sekundenpend. in Pariſ. Lin.
Condamine	Para	1° 28′	439,22
Campbell	Jamaica	18 0	439,44
Mairan	Paris	48 50	440,57
Graham	London	51 31	440,65
Celſius	Upſal	59 2	440,91
Griſchow	Dörpt	59 26	440,92
—	Reval	59 26	440,95
Mallet	Petersburg	59 56	441,02
Maupertuis	Pello	66 48	441,17
Mallet	Ponoi	67 5	441,22

Die Schweren an dieſen Orten verhalten ſich unter einander, wie die angegebenen Pendellängen.

Bouguers Verſuche zeigen, daß die Schwere an ein und demſelben Orte in großen Höhen geringer iſt, als an der Meeresfläche. Daſſelbe Pendel machte in 24 Stunden:

am Ufer des Amazonenfluſſes	98770
zu Quito — — —	98740
auf dem Pichincha — —	98720

Schwünge.

Nachdem man dieſe Angaben mit dem aus der Theorie gezogenen Satze, daß ſich nämlich auf einem Sphäroide die Zunahme der Schwere vom Aequator an gegen den Pol gerechnet wie das Quadrat des Sinus der Breite verhalte, verglich, ſo fand man, daß ſie mit dieſem Geſetze nicht vollkommen übereinſtimmten. Inzwiſchen ſind doch die Abweichungen nicht beträchtlich, ſo daß man daraus die Länge des Sekundenpendels unterm Pole ſelbſt beſtimmt hat. Da ſich nämlich die Pendellängen wie die verſchiedenen Schweren verhalten, ſo verhalten ſich auch die Zunahmen der Pendellängen, wie die Quadrate der Sinus der Breiten. Eine Vergleichung iſt folgende:

		Logarithmen
Pendellänge zu Paris	= 440,57 Lin.	
— — Quito	= 439,10 —	
Zunahme vom Aequator bis Paris	= 1,47	- - 0,1673173
Quadrat des Sinus der Breite des Pols 90°	= - -	20,0000000
Quadrat des Sinus der Pariſ.		20,1673173
Breite - -	= - -	19,7533570
Zunahme v. Aequat. bis Pol	= 2,594	- 0,4139603
Pendellänge unterm Aequat.	= 439,10	
Pendellänge unterm Pol	= 441,694 Linien.	

Daraus ergiebt ſich das Verhältniß der Schweren unterm Aequator und Pol, welches zugleich das verkehrte Verhältniß des Erddurchmeſſers zur Axe iſt, wie

wie 43910:44169 oder wie 169:170. Dieß weicht von dem, was aus den wirklich gemeſſenen Graden gefunden worden iſt, nicht viel ab. Andere Oerter ſtatt Paris genommen werden beſtändig andere Reſultate geben. Als ein Mittel aus vielen der zuverläſſigſten Beobachtungen nimmt Mallet 199:200 an.

Oberfläche der Erde.

Die Oberfläche unſerer Erde iſt höchſt ungleich; bald ſteigt ſie mehr oder weniger ſchnell in die Höhe, bald ſenkt ſie ſich, und bildet Thäler, bald läuft ſie in weit ausgedehnten Ebenen fort. Schon Plinius hatte den Gedanken, daß die großen Bergketten der Erdfläche durchgängig zuſammen hangen. Buache [z]) hat ihn weiter verfolgt, und eine Bergkarte bearbeitet, welche ihren Gang auf eine ſehr erläuternde Art darſtellt. Seine Beobachtungen ſcheinen folgende Reſultate zu geben: 1. daß ſich die Bergketten nicht allein auf dem feſten Lande befinden, ſondern ſich auch unter dem Meere weiter erſtrecken, und unter einander in Verbindung ſtehen, ſo daß ſie wahrſcheinlich dienen, dem Erdkörper mehr Feſtigkeit und Zuſammenhang zu geben, 2. daß dieſe Berge das Meer in verſchiedene Baſſins theilen, welche auf keine andere Art mit einander verbunden ſind, als daß die Gewäſſer über die Berge gehen. Genauere Vorſtellungen der Bergketten, als Buache, giebt Lehmann [a]). Viele haben in der Richtung der Bergketten eine gewiſſe regelmäßige Anordnung finden wollen. So läßt Buffon [b]) die Richtung der Hauptreihen in Amerika von Nor-

z) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1752.

a) Specimen orographiae generalis. Petrop. 1762. 4.

b) Hiſtoir. natur. der Ausgabe in 8. Vol. II. p. 17.

Norden nach Süden, in der alten Welt aber von Weſten gen Oſten laufen; ändert dieß aber [c]) dahin ab, daß auch in der alten Welt die höchſten Gebirge von Norden nach Süden laufen, und die nach andern Richtungen bloß Seitenäſte seyn ſollten. Bourguet [d]) und mit ihm Buffon, Bertrand und de la Lande fanden in der Geſtalt und Lage eine allgemeine Aehnlichkeit mit den Feſtungswerken, wo einwärtsgehende und hervorſpringende Winkel in parallelen Linien einander gegen über ſtehen.

Die Höhen der Berge auf unſerer Erde ſind außerordentlich verſchieden. Die höchſten Gebirge finden ſich in Amerika. Die Höhen der vorzüglichſten Berge, welche bis hieher theils geometriſch, theils barometriſch ſind gemeſſen worden, enthält folgende Tafel

Amerikaniſche Gebirge

	Toiſen über der Meeresfläche.	
Chimboraço - -	3220 —	Condamine
Cayambe-orcou -	3030 —	ebend.
Antiſana - -	3020 —	ebend.
Cotopaxi - -	2950 —	ebend.
Coraçon, die größte von Menſchen erſtieg. Höhe	2470 —	ebend.
Pichincha - -	2430 —	ebend.
Die Stadt Quito -	1462 —	ebend.

Afrikaniſche

Pic auf Teneriffa -	2213 —	P. Feuillée
	2070 —	Bouguer

die Europäiſchen Berge ſind größtentheils erſt in den neueſten Zeiten gemeſſen worden.

Sonſt

c) Supplem. à l'hiſtoire natur. T. IX. p. 440.

d) Mém. ſur la theorie de la terre bey ſ. Lettres ſur la formation des ſels Amſt. 1729. 8.

Sonſt war man der Meynung, daß die dünnere Luft auf den hohen Bergen das Athmen ſehr erſchweren müſſe. Allein ſchon Bouguer und de la Condamine haben bey ihren Abmeſſungen auf den hohen Gebirgen in Peru dieſe Meynung ungegründet befunden.

Beſonders merkwürdig für den Phyſiker ſind die vulkaniſchen Gebirge, welche unläugbare Spuren von der Veränderung der Oberfläche der Erde zurückgelaſſen haben. Ihre außerordentlich große Wirkung und ihr Anblick übertrifft nach dem Zeugniſſe der Beobachter alle Vorſtellung, welche man ſich davon machen kann. Nachrichten von den Ausbrüchen des Veſuv finden ſich bey Paragallo [e]), du Perron de Caſtera [f]) und beym P. della Torre [g]). Beſchreibungen einzelner Ausbrüche finden ſich in den philoſophiſchen Tranſactionen [h]), beym Mercati [i]), und des großen Ausbruches von 1767 bey Catani [k]) und Gaetano de Bottis [l]).

Der Aetna oder Monte Gibello in Sicilien iſt noch weit fürchterlicher als der Veſuv. Die Ströme ſei-

e) Iſtoria naturale del monte Veſuvio. Neap. 1705. 4.

f) Hiſtoire du mont Veſuve trad. de l'Ital. à Paris 1741. 12.

g) Storia e fenomeni del Veſuvio. Nap. 1755. 4. Hiſtoire et phénomenes de Veſuve, expoſées par le P. *de la Torre*. à Napl. 1776. 8. überſ. von Lentin. Altenb. 1783.

h) 1730. n. 424. 1733. u. 1737. n. 455. 1751. Vol. XLVII. XLIX. LII.

i) Raconto iſtorico - filoſofico del Veſuvio. Nap. 1753. 4.

k) Lettera critica filoſofica ſu della Veſuviana eruzzione accaduta nell' anno 1768. 4.

l) Ragionamento hiſtorico del incendio del Veſuvio. Napoli 1768. 4.

ſeiner Lava erreichen oft eine Länge von mehreren Meilen, und haben bis 50 Fuß Tieſe. Gewöhnlich fließen ſie ins Meer, und bilden ſteile Küſten mit Gruppen von ſehr unregelmäßigen Geſtalten. Seitdem Lemery den im 2ten Theile S. 569. angeführten Verſuch mit einer Miſchung von Eiſenfeile, Schwefel und Waſſer, welche ſich von ſelbſt entzündet, und im Kleinen eine Art feuerſpeyender Berge darſtellt, gemacht hat, iſt auch faſt allgemein angenommen worden, daß das unterirdiſche Feuer durch das Verwittern der Schwefelkieſe bey hinlänglichem Zutritte der Luft und des Waſſers entſtehe. In der Folge hat man dieß dadurch glaublicher zu machen geſucht, daß man die vulkaniſchen Produkte ſowohl, als auch die Beſchaffenheit der Oerter, wo ſich Vulkane zeigen, näher unterſucht hat. Ein merkwürdiger Umſtand bey den Ausbrüchen der Vulkane iſt dieſer, daß ſie gewöhnlich von elektriſchen Erſcheinungen begleitet ſind. Da die Lehre der Elektricität in dieſem Zeitraume ſchnelle Fortſchritte gemacht hatte, und man von ihrer erſtaunlichen Wirkung überzeugt ward, ſo kann man ſich leicht denken, daß man auch, um die gewaltſamen Ausbrüche der Vulkane zu erklären, zur Elektricität ſeine Zuflucht nahm. Beccaria [m]) iſt ſonſt zwar geneigt, mancherley mit Blitzen begleitete Naturerſcheinungen von der Elektricität abzuleiten; allein er wagt es doch nicht zu behaupten, daß der gewaltſame Ausbruch der feuerſpeyenden Berge bloß von der Elektricität abhange, er begnügt ſich vielmehr, Nachrichten von Blitzen aus Vulkanen beyzubringen. In der Folge aber haben Einige den Urſprung der Vulkane bloß von der Elektricität ableiten wollen.

Mit

m) Lettere dell' elettriciſmo. p. 226.

Mit den Vulkanen ſtehen die Erdbeben in der genaueſten Verbindung, und ihre Entſtehung iſt auch größtentheils eben ſo, wie die der Vulkane, erklärt worden. Die fürchterlichſten Erdbeben dieſes Zeitraums ſind die von den Jahren 1746, und 1755. Das erſte verwüſtete Callao, und die Stadt Lima, welche ſchon ſeit dem 15ten Jahrhunderte häufigen Anfällen des Erdbebens ausgeſeꜩt geweſen war. Am erſten Nov. 1755. ward Liſſabon durch ein ſchreckliches Erdbeben zerſtört, welches man zu gleicher Zeit auf einem ſehr großen Theile der Erdfläche von Grönland an bis nach Afrika empfand. In Norwegen, Schweden, Deutſchland, der Schweiz, und an mehreren Orten bemerkte man es zwar nur an den ungewöhnlichen Bewegungen des Waſſers; aber verſchiedene Orte in Frankreich, faſt ganz Spanien, Marocco, Salee, Fez, Tetuan und Cadix wurden von ernſthaftern Folgen deſſelben betroffen. Selbſt in Amerika bemerkte man Spuren dieſer Erderſchütterung. Sie war von einer gewaltſamen Erhebung des Meeres begleitet, welche eine faſt allgemeine Ueberſchwemmung der weſtlichen Küſten unſeres feſten Landes veranlaßte. Das Gewäſſer des Tago ergoß ſich zu verſchiedenen mahlen über die Trümmer der bereits zerſtörten Stadt [n]).

Der erſte, welcher die Entſtehung der Erdbeben gänzlich von der Elektricität herleiten will, iſt Stukeley [o]). Zwey zu London am 8. Februar und 8. März verſpürte ſchwache Erdbeben hatten ihm dazu Ver-

n) S. *Sam. Chriſt. Hollmann* de terrae motibus inprimis nupero Ulyſſipponenſi in Syllog. commentat. p. I.

o) Letter to *Martin Folkes* on the cauſes of Earthquakes. Philoſ. Tranſ. Vol. XLVI. n. 497. The philoſophy of Earthquakes natural and religious. Lond. 1750. 8.

Veranlaſſung gegeben. Zuerſt beſtreitet er die gemeine Meynung, daß ſie von unterirdiſchen Winden, Feuer, Dämpfen oder ſonſt etwas, was eine Explosion verurſache, und den Erdboden erhebe, herrühren, mit einigen nicht ſehr triftigen Gründen. Es ſey, ſagt er, noch unerwieſen, daß die Erde aus Klüften und Hölungen beſtehe; vielmehr habe man Grund zu vermuthen, daß ſie größtentheils dicht ſey, und wenig Raum zu ihren inneren Veränderungen und Aufbrauſungen innerhalb ihrer Subſtanz übrig laſſe; wie man denn auch, wenn ſich Kohlengruben entzündeten, nichts, was einem Erdbeben ähnlich wäre, bemerke. Bey dem leztern Erdbeben, welches am 30. Sep. 1750 in London und andern Orten verſpürt worden, habe man kein Feuer, keinen Dampf, Rauch, Geruch, oder einen Ausbruch von irgend einer Art bemerkt, obgleich die Erſchütterung ſich auf 30 Meilen im Durchmeſſer erſtreckt habe. Wären Dämpfe und unterirdiſche Gährungen, Explosionen und Ausbrüche die Urſache der Erdbeben, ſo müßte, wo ſie auch nur ein einziges mal geweſen wären, nothwendig dadurch das ganze Syſtem der Quellen und Brunnen geſtört werden, dergleichen man aber nie bemerkt habe. Die Theorie der Minen lehre, daß eine 30 Meilen weit reichende Erſchütterung eine 15 bis 20 Meilen tiefe wirkende Kraft erfordere; alſo müßten die Dünſte, oder was ſonſt unterirdiſches die Erdbeben verurſachen ſollte, 15 bis 20 Meilen tief unter der Erde liegen. Nach dieſer Theorie müßte die unterirdiſche Kraft des Erdbebens in Kleinaſien im 17ten Jahrh. nach Chr. Geb. aus einer Tiefe von 200 Meilen herauf und mit einer ſolchen Kraft gewirkt haben, welche durch Dämpfe gar nicht hervorgebracht werden könnte. Nach gehöriger Prüfung aller dieſer Umſtände habe er allemal ein Erdbe-

ben

ben für einen elektriſchen Schlag von gleicher Beſchaffenheit mit denjenigen, welche jezt beym elektriſchen Experimentiren gemein geworden wären, gehalten, und er glaube, daß dieſe ſeine Meynung durch diejenigen Erſcheinungen beſtätigt würde, welche gewöhnlich vor Erdbeben vorher zu gehen und dieſelben zu begleiten pflegten.

Fünf bis ſechs Monate vor dem erſtern Erdbeben war eine ungemein warme und trockene Witterung geweſen; der Wind hatte beſtändig von Weſten und Südweſten gewehet, und zwar ohne zu regnen, welches ſonſt bey dieſen Winden ungewöhnlich iſt, ſo daß die Erde in einen Zuſtand der Elektricität verſezt ſeyn mußte, welcher zu der elektriſirten Bewegung geſchickt war. Hiebey bemerkt er zugleich, daß die nördlichen Gegenden der Erde dem Erdbeben weniger ausgeſezt wären, als die ſüdlichen. In der ganzen Gegend von Lincolnſhire, ohnerachtet dieſelbe einen ſumpfigen Boden hat, war vor dem Erdbeben im September während des vorhergehenden ganzen Sommers und Herbſtes eine ſolche Dürre auf der Oberfläche der Erde geweſen, daß die Einwohner ihr Vieh einige Meilen weit zur Tränke haben führen müſſen. Dieß zeige, wie geſchickt die Erdoberfläche zu einer ſchwingenden elektriſchen Bewegung geweſen ſey, und daß Erdbeben ſich nicht ſehr tief unter der Oberfläche der Erde erſtreckten.

Vor dem Erdbeben zu London waren alle Gewächſe ungewöhnlich frühzeitig hervorgekommen; es hatten nämlich zu Ende des Märzes in dieſem Jahre alle Arten Gartengewächſe, Blumen und Bäume ſo ſtark getrieben, als es ſonſt in der Mitte des Aprils gewöhnlich iſt; man wiſſe aber, daß die Elektricität das Wachsthum der Pflanzen befördere. Auch das Nord-

licht habe ſich um dieſe Zeit öfter gezeigt, und ſey vor dem Erdbeben zweymal und zwar mit ganz ungewöhnlichen Farben erſchienen. Ueberdem hatte ſich ſelbiges, als ſonſt etwas ungewöhnliches in England, mehr nach Süden hingezogen, ſo daß einige Italiäner, und Perſonen von andern Orten, wo Erdbeben häufig ſind, Erdbeben ahndeten. Vierzehn Tage vor dem Erdbeben im September war die Witterung heiter und ſtill, und an einem Abend zeigte ſich ein hochrothes Nordlicht, welches mit einem fürchterlichen Anſehen den ganzen Himmel bedeckte. Faſt durch ganz England war das ganze Jahr wegen der häufigen Feuerkugeln, Gewitter und Wetterleuchten merkwürdig geweſen. Alle dieſe Meteore aber wären hinreichende Beweiſe des elektriſchen Zuſtandes der Atmoſphäre. Bey allen dieſen vorausgegangenen Umſtäuden habe nichts weiter gemangelt, als die Annäherung eines unelektriſchen Körpers, welcher von außen her aus der Gegend der Atmoſphäre hinzu kommen mußte. Daraus ſchließt er alſo, daß, wenn eine unelektriſche Wolke irgend einem Theile der Erde in dieſem höchſt elektriſchen Zuſtande nahe genug komme, nothwendig ein Erdbeben erfolgen müſſe. So wie nun die Entladung aus einer elektriſch gemachten Röhre in dem menſchlichen Körper eine Erſchütterung hervorbringe, eben ſo müſſe die Entladung der Elektricität aus einer Strecke von einigen Meilen Erde nothwendig ein Erdbeben, und das Geräuſch von dem Berühren das damit begleitete ſchreckliche ungewöhnliche Getöſe ſeyn.

Stuckeley erhielt von denjenigen, welche in der Nacht vor dem Erdbeben, und des Morgens unter freyem Himmel geweſen waren, die Verſicherung, daß in der Luft ein häufiges Wetterleuchten geweſen, und

daß

daß kurz vor dem Erdbeben die Atmoſphäre von einer großen und ſchwarzen Wolke plötzlich überzogen worden ſey, welche durch die Entladung eines Platzregens die Erſchütterung vermuthlich veranlaßt habe. D. Childrey, ſagt er, bemerkt, daß Erdbeben allemal nach Regen und ſtarken und plötzlichen Regengüſſen, zur Zeit einer großen Dürre, zu erfolgen pflegen.

Von der Themſe nach Templegarten ward ein düſteres Getöſe bemerkt, welches der Gärtner im Templegarten, der der Königl. Geſellſchaft Nachricht davon überbrachte, für eine ſtarke Salve von Schiffgeſchütz auf dem Fluſſe gehalten hatte, und dieß Getöſe war vor dem Wanken der Häuſer vorausgegangen; andere, welche vom Erdbeben geſchrieben, führten die Bemerkung an, daß gemeiniglich das Getöſe vor dem Stoße vorhergehe; da doch gerade das Gegentheil erfolgen müßte, wenn die Erſchütterung von einem Ausbruche unterirdiſcher Dünſte verurſacht würde. Dieß Getöſe, welches gewöhnlich bey den Erdbeben ſtatt findet, läßt ſich nach Stuckeley's Meynung nicht anders, als aus Grundſätzen der Elektricität erklären.

Die Flammen und Schwefelgerüche, welche man bisweilen bey den Erdbeben bemerke, laſſen ſich nach Stuckeley weit natürlicher dadurch erklären, wenn man ſie für elektriſche Erſcheinungen hält, als wenn man behauptet, daß ſie durch den Ausbruch von irgend etwas aus dem Innern der Erde veranlaßt würden.

Der Eindruck, welchen ein Erdbeben auf Waſſer und Land bis zu den weiteſten Entfernungen verurſache, geſchehe in einem einzigen Augenblicke, wie es bloß durch Elektricität bewerkſtelligt werden könne. Bey dem Erdbeben im September ward die Erſchütterung

in einem Raum von 100 Meilen in der Länge, und 40 in der Breite, empfunden, und zwar in ein und der nämlichen Zeit. Daß eine ſolche Strecke, welche an 4000 Quadratmeilen Oberfläche ausmache, in einem einzigen Augenblicke in eine ſo heftige Erſchütterung verſetzt werde, ſey ein Wunder, welches man nie glauben und begreifen könnte, wenn wir nicht die Erfahrung davon hätten. Man finde aber hiezu keine einzige natürliche Kraft hinreichend, als die Kraft der Elektricität, welche keine merklichen Grenzen kenne.

Der kleine Schaden, welchen gemeiniglich die Erdbeben anrichten, iſt nach Stuckeley ein Beweis, daß dieſe bloß durch eine wellenförmige Bewegung der Erdoberfläche vermöge der elektriſchen Wirkung veranlaßt werden. Wenn eine ſolche Bewegung dem Waſſer beygebracht werde, welches an die Böden der Schiffe und Boote anſchlage, ſo verurſache dieß in ſelbigen den nämlichen Stoß; und von Millionen gemeiner Wohnhäuſer, worüber er hinwegfahre, ſtürze kein einziges um. Dieß zeige, daß dieſe Bewegung nicht von einer Erſchütterung in den Eingeweiden der Erde habe herrühren können, ſondern es ſey vielmehr eine gleichförmig ſchwingende Bewegung längſt der Oberfläche geweſen.

Daß Erdbeben elektriſche Erſcheinungen wären, erhelle ferner aus ihren vorzüglichen Wirkungen, welche ſie auf die Seeküſte, und auf Oerter längſt den Ufern äußerten. Das Erdbeben im September habe ſich meiſtentheils nach Norden und Süden erſtreckt, welches die Richtung des Spaldingfluſſes ſey, wodurch es nach dem Meerufer, von da die britanniſche Meerenge hinauf, und ſo durch den Bodenfluß nach Lincoln geleitet ward. Der größte Theil der Wir-

kun-

kungen dieſes Erdbebens erſtreckte ſich längſt und zwiſchen den beyden Flüſſen Welland und Avon, und zwar von ihren Quellen an, nach ihren Mündungen hinab. Es erreichte daſſelbe auch den Fluß Witham, welcher den elektriſchen Strom auf ſolche Art auch nach Lincoln richtete; daher er auch, weil er gerade dem von Boſton kommenden begegnete, am merklichſten daſelbſt gefühlt ward.

Endlich führt Stuckeley als einen Beweis für ſeine Meynung an, daß nach den beyden Stößen viele Leute Schmerzen in den Gelenken und Rücken verſpürten, eben ſo wie nach dem Elektriſiren; und daß viele, beſonders die von ſchwacher Beſchaffenheit des Leibes und der Nerven, den ganzen Tag darnach, und Einige noch länger, Kopfſchmerzen und Nervenzufälle empfanden.

Wie aber die Erde und die Atmoſphäre in einen ſolchen Zuſtand der Elektricität und der ſchwingenden Bewegung gekommen ſey, ſo daß auf ſolche Art ein Erdbeben entſtehe, und aus welcher Quelle die elektriſche Materie komme, unterſteht ſich Stuckeley nicht zu beſtimmen, ſondern er hält es zu erklären für eben ſo ſchwer, wie den Magnetiſmus, die Schwere, die Muſkelbewegung, und verſchiedene andere Geheimniſſe in der Natur.

Hales [p]) hielt bloß die ſchwächern Erſchütterungen, welche nicht durch nahe Vulkane verurſacht werden, für Wirkungen der Entzündung aufſteigender Schwefeldämpfe durch das Blitzen einer ſchweflichten Wolke.

Von

p) Some conſiderations on the cauſes of Earthquakes in den Philoſ. Tranſact. Vol XLVI. n. 497.

Don Andreas Bina [q]) verſuchte ebenfalls die Erdbeben von der Elektricität herzuleiten. Er kam auf den Gedanken, die Erdbeben aus dem ſogenannten Leydener Verſuche zu erklären. Wenn man unterirdiſche Waſſerbehälter annimmt, ſagt er, ſo laſſe ſich eine wahrſcheinliche Urſache der Erdbeben aus dem Leydener Verſuche herleiten. Waſſerbehältniſſe, welche ſich in der Erde befinden, können die Stelle der Flaſche vertreten; und alsdenn werden die Röhren, welche durch den Erdkörper laufen, die Stelle des eiſernen Drathes verſehen, und die Erde über dieſen Röhren wird das nämliche empfinden, was der Menſch fühlt, der bey Watſon's Verſuch, durch welchen er die Wirkungen der Minen nachzuahmen ſuchte, über dem Drathe ſtand; es wird ſich nämlich erheben und erſchüttert werden, ſobald eine Quantität brennbarer Stoffe in irgend einer unterirdiſchen Höhle Feuer fängt; alsdenn wird ſich in der daſelbſt eingeſchloſſenen Luft die elektriſche Kraft erregen, ſich den Röhren mittheilen, und von da in die Waſſerbehältniſſe ſammlen. Der Stoß wird daſelbſt ſtärker und die Erſchütterung heftiger ſeyn, wo man ſich über den Waſſerröhren befindet, von welchen ein Theil die elektriſche Kraft von der Luft empfängt. An andern Stellen wird die Erſchütterung ſchwächer ſeyn, ſo wie jemand bey Watſon's Verſuch, welcher denjenigen, der eigentlich den Funken herauszieht, bey der Hand hielte, auch eine ſchwächere Erſchütterung empfinden würde. Man muß daher die Vorausſetzung annehmen, daß, wenn eine Erſchütterung ſtatt finden ſoll, ſich ein Theil nahe bey

q) Ragionamento ſopra la cagione de' terremoti ed in particolare di quello della terra di Gualdo di Nocera nell Umbria ſequita l'An. 1751. Perugia. 4.

bey einem elektriſirten Behältniſſe befinden müſſe. Dieß wird ſich ereignen, wenn ſich durch eine ungewöhnliche Geſchwindigkeit der elektriſchen Röhren die Behältniſſe mehr als gewöhnlich anfüllen, und das Waſſer ſich in ihnen zu einer außerordentlichen Höhe erhebt; auf ſolche Art wird es ſich an einem Orte dem Erdreiche nähern, und nun wird eine elektriſche Exploſion entſtehen. Das dadurch erhobene Erdreich fällt durch ſein eigenes Gewicht wieder zurück, und ſenkt ſich; dadurch nähert es ſich vorerwähntem elektriſchen Waſſer, und wird alſo in ſolchen abwechſelnden Bewegungen nach Richtungen, welche durch die Stöße beſtimmt werden, fortfahren, ſo lange ihnen das Waſſer Kraft dazu mittheilen kann. Da überdem die Schichten von Pech und Schwefel, welche die unterirdiſchen Waſſerbehältniſſe bekleideten, nothwendig naß wären, ſo würden ſie im gegenwärtigen Falle deſto geſchickter zur Exploſion ſeyn. Daher wären Oerter, wo ſich warme Quellen befänden, dem Erdbeben mehr unterworfen, als andere; einmal, weil nach Jallaberts Erfahrung der elektriſche Stoß ſtärker werde, wenn das Waſſer in der Flaſche koche; zweytens, weil daſelbſt eine Menge ſchweflichter und pechartiger Theilchen ſey, welche vorzüglich die elektriſche Kraft zu verſtärken dienten.

Bina wendet ſeine Hypotheſe noch auf verſchiedene Umſtände des Erdbebens an, welches die terra di Gualdo faſt verwüſtet, und mit wiederholten Erſchütterungen nicht nur die Stadt Perugia, ſondern ganz Umbrien und die benachbarten Provinzen beunruhigt hat. Die erſten Erſchütterungen ereigneten ſich zwiſchen 2 und 3 Uhr des Nachmittags, den 27 Heumonats, und zwiſchen 5 und 6 Uhr empfand man zwey, die heftiger waren, und länger dauerten, als die vorher-

hergehenden; die ſtärkſten aber, durch welche ein alter und ſehr hoher Glockenthurm umgeſtürzt, und ſehr viele andere Gebäude zu Grunde gerichtet wurden, ereigneten ſich zwiſchen 6 und 8 Uhr derſelben Nacht, und hielten eine Viertelſtunde lang an. Nachdem es zu Ende war, zeigte ſich auf dem Gipfel des Berges Saraſanta ein Rauch wie ein dicker Nebel, der auf eine große Weite einen ſehr heftigen und unerträglichen Geruch, wie verbranntes Papier, oder brennender Schwefel, verbreitete.

Kurz vor den Erſchütterungen hörte man ein Getöſe, welches den Einwohnern von Gualdo ein Zeichen des nahen Erdbebens war. Es klang wie der Knall eines großen Geſchützes, und ſeine Stärke war der Heftigkeit des darauf erfolgenden Stoßes gemäß.

Nach Bina's Hypotheſe ſtand Gualdo auf dem Drathe, und zog den elektriſchen Funken heraus. Der Berg Saraſanta zeigt durch ſeine vielen Quellen, daß er voll Feuchtigkeit ſey; vielleicht wäre er ein feuerſpeyender Berg geworden, wenn es ihm nicht an Metall gemangelt hätte, die elektriſche Kraft durch, und heraus zu führen.

Die Akademie der Wiſſenſchaften zu Rouen gab für das Jahr 1757 folgende Preisaufgabe auf: die Urſache der Erdbeben zu beſtimmen. Isnard [r]) erhielt den Preis, und Thomas [s]) das Acceſſit. Der erſtere glaubte ebenfalls keine beſſere Urſache, als die Elektricität, zu finden. Der Recenſent dieſer Schrift machte aber gegen die Erklärung der Erdbeben aus der Elek-

r) Mém. ſur les tremblemens de terre. 1757. 12.

s) Mém. ſur la cauſe des tremblemens de terre. à Paris 1757. 12.

Elektricität folgende nicht ungegründete Einwürfe. Wenn man die Elektricität als die einzige Urſache der Erdbeben annehmen wolle, ſo müßte man mehr ins Detail gehen, und alle mögliche Erſcheinungen, die ſich bey den Erdbeben einfänden, mit den elektriſchen vergleichen, und zeigen, daß die elektriſche Materie das einzige Agens wäre, um daraus das ganze Phänomen zu erklären. Das verdiene den Nahmen einer Theorie nicht, wenn man daraus nur einige, wenn es auch die erheblichſten Umſtände eines Phänomens wären, herleiten könnte; nur alsdenn könne ſie erſt ſo heißen, wenn ſich alle mögliche Erſcheinungen, welche das ganze Phänomen enthalte, daraus natürlich ableiten ließen [t]).

Thomas glaubte dagegen, daß die nächſte und unmittelbare Urſache der Erdbeben in ſchwefelhaltigen, harzigen und metalliſchen Stoffen zu ſuchen ſey, welche die Erde in ſich ſchließe. Seinen Beweis ſtützt er auf eine Menge von Beobachtungen, welche in verſchiedenen Orten gemacht worden ſind. Wenn nämlich, ſagt er, eben angeführte Stoffe bey allen Ausbrüchen, welche auf die Erdbeben folgen, wahrgenommen werden, ſo müſſe auch das ganze Phänomen von ihnen herrühren. Dieſer Satz ſey für ſich klar. Denn bey allen Ausbrüchen der Erdbeben ſehe man augenſcheinlich Schwefel, Harz, Metalle und Salpeter ꝛc. Dieſe Subſtanzen könnten aber weder in eine Gährung, noch endlich zur Flamme kommen, wofern nicht ein großer Theil Luft mit im Spiele wäre, ohne welche daher auch nicht einmal ein Erdbeben ſtatt finden könnte. Nähme

t) Journal des ſavans. an. 1758. Aout. Tom. XXXVII. p. 73.

me man alſo an, daß ſich eine große Quantität Luft in die Höhlungen der Erde begeben hätte, ſo würde dies eine neue Urſache der Bewegung und der Gährung eben genannter Materien ſeyn; dieſe dehnten die Luft um ſie herum aus, wodurch ſie mehr Gewalt, als vorher im zuſammengepreßten Zuſtande, erhielt. Auſſer der Luft findet er auch noch eine vorzügliche Urſache des Erdbebens in dem Waſſer. Er ſagt, die erſtaunenswürdige Wirkung deſſelben ſey bekannt genug, wenn nur einige Tropfen auf ſchmelzendes Metall gebracht würden, welche oft die gewaltſamſten Exploſionen veranlaßten. Daß ſich die Erdbeben zu gleicher Zeit auf eine große Erdſtrecke verbreiteten, ſucht er aus der Mittheilung der unterirdiſchen Feuer zu erklären.

Nils Gisler[u]) hatte bey einigen in Weſtnordland im Jahre 1752 ſich ereignenden Erdbeben folgendes Merkwürdige beobachtet:

1. Daß die Erſchütterung der Erde jetzt, wie zuvor, ſehr oft ihren Gang in Südweſt und Nordoſt nach der Seeküſte zu gehabt hat.

2. Daß ſie durch eine Strecke Landes, das 40 Quadratmeilen beträgt, gegangen iſt, und ſolches zu einer Zeit erregt hat.

3. Daß ſie die großen Inſeln in der See, die mit tiefem und breitem Waſſer umgeben ſind, gleich frey und mit eben der Kraft erſchüttert hat, wie das feſte Land, ſo wie auch dieſe Erſchütterung gleich ungehindert und ſtark, auf beyden Seiten der breiten und tiefen ångermanniſchen Elbe gegangen iſt.

4. Daß die erſchütternde und tobende Kraft an einigen Orten nur Erſchütterungen in der Luft mit einem dum-

u) Abhandl. der ſchwed. Akademie der Wiſſenſch. J. 1753. der Ueberſ. S. 69. u. f.

dumpfen Schalle und ſtarkem Sauſen erregt, die Erde aber oder feſte Körper nicht in Bewegung gebracht hat.

5. Daß die ſtarken Knalle in der Luft eigentliche Folgen des Schalles in der Erde geweſen ſind, obgleich das eine zu manchen Zeiten und an manchen Orten ohne das andere empfunden worden iſt, wie ſichs in Gudmundrä ereignet hat.

6. Daß die Luft von einem lichten Glanze helle gemacht worden iſt, der einerley Lage mit dem Gange des Erdbebens gehabt hat. Vor 30 Jahren iſt am Ende des Auguſtmonats eben dergleichen Getöſe in der Erde gehört worden, dabey ſich der Himmel mit einem lichten Scheine geöfnet hat, der im Scheitelpunkte ſehr helle war, ſo daß man an denen, die ſich auf dem Felde befanden, einen Flecken im Geſichte erkennen konnte.

7. Daß gleiche 8 Tage zwiſchen jedem male verfloſſen ſind, da die erſten großen Erdbeben auf einander folgten, nämlich den 21. und 28. November, und den 6ten December.

8. Daß nach jedem Erdbeben 2 bis 3 Tage Sturm und Ungewitter gefolgt ſind.

9. Und daß alles dies einige Veranlaſſung zu dem Schluſſe zu geben ſcheint, daß dieſe Erdbeben in vielen Stücken mit dem Donner übereinſtimmen; denn ſo oft ein ſtarkes Brauſen in der niedern Luft entſteht, vermindert ſich das Getöſe des Donners oben im Himmel, und ſo oft die Erſchütterung der Erde ein ſtarkes Brauſen in der Luft erregt, ſo oft ſchwächt ſich der Schall, und in der Erde das Erdbeben. Je ſtärkere Knalle in der Erde vor dem Erdbeben vorhergehen, oder nach ihr folgen, deſto ſtärker wird das Poltern und die Erſchütterung

terung in demſelben, aber je mehr ſich dieſe Knalle in die Luft erheben, deſto weniger wird die Erde bewegt. Eben ſo, je ſtärker das Gepraſſel des Donners, und je näher es der Erde iſt, deſto weniger ſich weit erſtreckende Donner und Gepolter hört man rings herum am Himmel, und umgekehrt.

10. Hieraus fließt die Folge, daß ähnliche Wirkungen ähnliche Urſachen haben müſſen, und man dürfte mit der Zeit finden, daß die elektriſche Kraft ſo wohl den Donner als das Erdbeben verurſacht.

11. Die gewöhnliche Zeit der Erdbeben hier im Norden iſt zwiſchen dem neuen Jahre und dem Frühlinge. Diejenigen, die ſich von Oſten und NO. nach W. und SW. erſtrecken, werden für beſſer gehalten, und umgekehrt, worin ſie ebenfalls dem Blitze gleichen. Sie werden auch für ſichere Anzeigen warmer und guter Sommer gehalten, wenn ſie ſich auf vorerwähnte Art und in vorerwähnter Zeit ereignen, welches aber doch nicht allemal eintrift.

Nach dem Donner ereignet ſich immer eine Aenderung in der Luft, und eben dies geſchiehet nach der Erſchütterung der Erde, ſo daß auch die Folgen einander ähnlich ſind.

Beccaria x) trug die Erklärung der Erdbeben aus der Elektricität auf eine beſſere Art vor, zu einer Zeit, da man richtigere Begriffe von der Entſtehung des Blitzes und von den elektriſchen Erſchütterungen hatte. Hiebey nahm er eine Störung des Gleichgewichts der Elektricität tief im Innerſten der Erde an, welche durch mehrere erſchütternde Schläge gegen die Atmo-

x) Lettere dell' elettriciſmo. Bologna 1758. 4. p. 226. 362. 363.

Atmoſphäre, oder gegen andere Theile der Erdfläche wieder gehoben werde. Er benuẞt die Umſtände, daß bey den meiſten Ausbrüchen der Vulkane, beſonders des Veſuvs, aus den aufſteigenden Dampfſäulen häufige Bliẞe ausbrechen, daß bey den Erdbeben ſelbſt Bliẞe in der Luft entſtehen, und Flammen aus der Erde hervorbrechen, daß man ein Getöſe, gleich einem Donner, hört, und daß endlich die Stöße der Erdbeben kein allmähliges Heben, wie man etwa von andern Urſachen erwarten könnte, ſondern augenblickliche Erſchütterungen, wie die elektriſchen Schläge, ſind, welche ſich ſogar durch das Waſſer mittheilen, ſo daß ſie auf den Schiffen, viele Meilen weit von den Küſten, gefühlt werden, als ob das Schiff gegen eine Klippe ſtieße. Ueberdies führt er noch einen Verſuch an, der das Erdbeben nachahmen ſollte. Wenn man nämlich zwey Stücken Glas, worin ein dünnes Stück Metall eingeſchloſſen iſt, in der Hand halte, und es werde durch dieſelben eine elektriſche Entladung hindurch gelaſſen, ſo fühle man eine heftige Erſchütterung oder zitternde Bewegung, wodurch bisweilen die Stücken Glas zerſchlagen würden.

Uebrigens glaubt Beccaria, daß bey dem Erdbeben, welches ſich bey des Kaiſer Julians Unternehmung, den Tempel zu Jeruſalem wieder aufzubauen, ereignete, Spuren elektriſcher Wirkungen anzutreffen wären.

Daß das Meerwaſſer im mittelländiſchen Meere weder ſteigt noch fällt, ohnerachtet es einen erſtaunlichen Waſſerzufluß, aber keinen ſichtbaren Abfluß hat, hatte der Graf Marſigli dadurch ſehr wahrſcheinlich gemacht, daß ſich in der Tiefe ein ausführender Strom befinde. Marſigli erhielt aber einen Gegner

ner an Buffon [y]). Ich weiß ſehr wohl, ſagt dieſer, daß Einige behauptet haben, in der Enge von Gibraltar befinde ſich ein doppelter Strom, ein oberer, welcher das Waſſer des Oceans in das mittelländiſche Meer bringt, und ein unterer, der, wie ſie ſagen, die entgegengeſetzte Wirkung thut. Aber dieſe Meynung iſt offenbar falſch, und den hydroſtatiſchen Geſetzen entgegen. Man hat ebenfalls geſagt, es befänden ſich an verſchiedenen andern Orten dergleichen untere Ströme, deren Richtung der obern entgegen wäre, als in dem Bosphorus, in der Enge vom Sunde, u. ſ. w. und der Graf Marſigli erzählt ſelbſt Erfahrungen, die man in dem Bosphorus angeſtellt hat, und welche dies beweiſen; aber es iſt ſehr wahrſcheinlich, daß die Erfahrungen unrichtig angeſtellt worden ſind, weil die Sache unmöglich iſt, und allen Begriffen widerſpricht, die man von der Bewegung des Waſſers hat. Buffon glaubt vielmehr, daß durch die Ausdünſtung eben ſo viel Waſſer davon geht, als Waſſer eingeführt wird. Waiz [z]) findet nach einem Ueberſchlage, daß der Zufluß des Waſſers durch die Meerenge bey Conſtantinopel in das mittelländiſche Meer ſo groß iſt, daß ſeine Oberfläche wenigſtens jährlich 30 Fuß hoch ſteigen müſſe. Daß eine ſo große Menge Waſſers nur in Dünſten fortgehen ſollte, ſcheint ganz unglaublich, weil in dieſem Falle die Ausdünſtung des mittelländiſchen Meers 25 mal ſtärker wäre, als um Paris, wo der Landſtrich doch nicht gar viel kälter ſey. Ein See von 30 bis 40 Fuß tief, welcher keinen Zufluß hätte, würde vermuthlich, ſelbſt unter der Linie, nicht in einem Jahre austrocknen. Uebrigens wüßten alle Na-

turfor-

y) Hiſtoire naturelle. Tom. I. Art. XI.

z) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. J. 1755. 8. der Ueberſ. S. 28. ff.

turforſcher hinlänglich, daß nur das ſüße Waſſer durch Ausdünſtung fortgehe, und das Salz zurückbleibe. Stiege alſo alle das Waſſer, das jährlich in das mittelländiſche Meer fließe, in Dünſten auf, ſo würde es doch alle ſein Salz zurücklaſſen, und das ganze mittelländiſche Meer müßte ſchon längſtens mit Salze erfüllet, und in eine harte Salzgrube verwandelt ſeyn, indem ſo wohl das Waſſer, das aus der ſpaniſchen See durch die Meerenge komme, als auch das aus dem ſchwarzen Meere durch die Thraciſche Meerenge einfließt, beyde ſtark geſalzen ſind. Allein das mittelländiſche Meer ſey ſeit ſo vielen tauſend Jahren, da man es kenne, nicht mit Salze angefüllt worden, auch ſey ſein Waſſer, ſo viel man wiſſe, nicht ſalziger geworden; mithin ſey unläugbar, daß alles zufließende Waſſer deſſelben nicht blos ausdunſte, ſondern wirklich mit ſeinem Salze irgendwo abfließe. Wir müßten daher die Meynung von den doppelten Strömen nicht ſo ſchlechterdings verwerfen, ſondern erſt unterſuchen, ob es ſich in der That ſo verhalte, und alsdann ſuchen, wie wir dieſe durch Gründe und Erfahrungen gefundene Beſchaffenheit der Ströme mit den hydroſtatiſchen Geſetzen vereinigen könnten. Daß es nun wirklich ſolche doppelte Ströme gäbe, lehrten unläugbare Erfahrungen. Die phyſiſche Urſache hievon giebt Waiz ſehr wahrſcheinlich folgendermaßen an. Weil eine Menge Salzwaſſer beſtändig in das mittelländiſche Meer hineindringt, und ein großer Theil daſelbſt verdunſtet und ſein Salz zurückläßt, ſo wird das zurückbleibende immer ſalziger und folglich ſchwerer. Stehen nun beyde Meere, das atlantiſche und mittelländiſche, gleich hoch, ſo iſt doch kein Gleichgewicht vorhanden, ſondern das ſchwerere Waſſer des mittelländiſchen Meeres wird des atlantiſchen leichteres

ver-

verdrängen, und durch die Enge zu fließen anfangen, bis beyde Meere ins Gleichgewicht gekommen ſind, da alſo das mittelländiſche Meer nothwendig niedriger wird. Sobald nun dieſes geſchehen iſt, kann das höhere Waſſer im atlantiſchen Meere nicht anders, als in die Meerenge oben dem Strome nach hinein laufen, durch den es ſich in das mittelländiſche Meer ausbreitet; dadurch wird deſſen Gewicht noch ſtärker vermehrt, und das geſalzene und ſchwere Waſſer des mittelländiſchen Meers muß ſeinen Ausfluß wieder durch die Straße, am Boden, unter dem oben einfließenden Strome ſuchen. So ſcheinen die doppelten Ströme zu entſtehen, und unaufhörlich erhalten zu werden. Das leichtere atlantiſche Waſſer läuft hinein, wird durch die Ausdünſtung ſalziger und ſchwerer, ſenkt ſich zu Boden, und verdrängt daſelbſt mit ſeinem vermehrten Gewichte das vor ihm ſtehende leichtere Waſſer, wodurch es ſich einen natürlichen Auslauf macht. Dieſe Erklärung ſucht Waiz noch durch einige Erfahrungen zu beſtätigen. Wenn z. B. die Thür aus einem geheitzten Zimmer in ein kälteres geht, ſo wird die kältere Luft unten in das geheitzte Zimmer einſtrömen, da indeſſen die wärmere oben in das kalte Zimmer ausſtrömt.

Inzwiſchen, ſagt Waiz, könnte man gegen dieſe Theorie einwenden, das atlantiſche Meer liege in einerley Erdſtrich mit dem mittelländiſchen, folglich müßte beyder Ausdünſtung gleich ſtark, und alſo ihr Waſſer gleich ſchwer ſeyn, beſonders wenn man erwäge, daß das mittelländiſche Meer von der Menge hineinfallender Ströme viel ſüßes Waſſer erhalte. Hierauf antwortet er aber: das Seewaſſer bey beyden Polen habe bekanntermaßen weniger Salz, als näher beym

beym Aequator; ein beſtändiger Strom führe dieſes ſüßere Seewaſſer zu dem Aequator; einige große Flüſſe, als die Guadiana und der Guadalquivir, fallen an beyden Küſten und laufen vor der Straße mit ſüßem Waſſer in die ſpaniſche See; eine tägliche und heftige Ebbe und Fluth bewegt dieſes Waſſer beſtändig unter einander, vom Boden bis an die Oberfläche. Aus dieſen Umſtänden iſt leicht zu ſchließen, daß das Waſſer im atlantiſchen Meere nicht ſo ſalzig ſeyn kann, als im mittelländiſchen, wo es durch die Ausdünſtung unaufhörlich ſalziger und ſchwerer werde.

Daß der Boden des Meeres eben ſo wie die Oberfläche des feſten Landes gebildet iſt, ſo daß Thäler, Berge, Hügel mit einander abwechſeln, hat man ſchon lange aus den aus dem Meere hervorragenden Klippen und Inſeln, und aus der verſchiedenen Tiefe des Waſſers geſchloſſen. Donati[a]) unterſuchte den Meeresgrund, und fand ihn als eine Miſchung von Marmor, Fels, Sand, Erdarten, Kies und Conchylien. Daraus ſchloß er, daß der Meeresgrund aus Schichten von verſchiedenen Materien beſtehe. Uebrigens iſt die Tiefe des Meeres außerordentlich verſchieden gefunden worden. Dampier[b]) hatte beobachtet, daß das Meer längſt den Küſten insgemein um ſo viel tiefer iſt, je höher die Küſten ſind; daß man dagegen an flachen niedrigen Küſten die geringſte Tiefe und die bequemſten Ankerplätze findet. Hieraus zog Buffon[c]) die allgemeine Regel,

a) Della ſtoria naturale marina dell' Adriatico. Venez. 1750. 4. Vitaliano Donati Auszug der Naturgeſch. des adriat. Meers. Halle 1753. 4.

b) Voyage autour du monde. T. II. p. 119. ſq.

c) Hiſt. natur. Tom. II. p. 199. edit. in 12.

gel, daß die Ungleichheiten des Meergrundes mit denen der angrenzenden Küſten übereinſtimmten. Hiernach müßte alſo das Weltmeer gegen den Chimboraço in Amerika am tiefſten und gegen die öſtliche Seite von Aſien ſeichter, und das Mittelmeer gegen den weitgeſtreckten Atlas ſeichter und gegen die Pyrenäen tiefer ſeyn. Auch giebt Marſigli die Tiefe des Meeres an den franzöſiſchen Küſten ſehr groß, und bis auf 1500 Toiſen an. In den neueſten Zeiten hat aber Forſter bemerkt, daß im Südmeere ſehr häufige Ausnahmen von dieſer Regel vorkommen.

Um das Seewaſſer trinkbar zu machen, erfand im Jahre 1765 Poiſſonnier, Mitglied der mediciniſchen Facultät zu Paris, einen Apparat, welcher aus einem oblongen kupfernen inwendig verzinnten Gefäße, mit einem Hute an jedem Ende verſehen, beſteht, nur 2 Matroſen zur Behandlung erfordert, und dennoch in einem Tage 4200 Kannen trinkbares Waſſer liefern kann. In England zeigte D. Lind[d]) eine bequeme und ihrem Entzwecke vollkommen entſprechende Methode der Deſtillation. Nach ſeinen Vorſchriften erfand D. Irving eine ganz einfache Deſtillirmaſchine, und erhielt dafür von dem brittiſchen Parlamente eine Belohnung von 4000 Pfund Sterling. Dabey braucht man nicht mehr Brennholz, als ſonſt, ſondern es wird blos an vier Tagen der Woche, wo die Matroſen kein Fleiſch erhalten, der eine Kochkeſſel, der ohnehin mit Seewaſſer gefüllt werden muß, um nicht vom Feuer zu leiden, mit einem hölzernen Deckel bedeckt, an dem ſich eine kupferne Röhre mit einer Vorlage und einem Kühlgefäße befindet, in welches letztere ein Matroſe beſtändig friſches Seewaſſer hinein-

d) Eſſay on diſeaſes incident to Europeans in hot climates.

hineinpumpt und durchlaufen läßt. Bey Cooks Seereiſe im Jahre 1772 war dieſe Methode auf beyden Schiffen angebracht, und gab jedesmal 120 Quart Waſſer, welches aber für das Bedürfniß der Mannſchaft bey weitem nicht zugereicht hätte, wenn man ſich auf dieſes deſtillirte Waſſer allein hätte verlaſſen ſollen. So bequem dieſe Einrichtung iſt, ſo geſteht doch Forſter, daß ſie noch immer mehr Holz erfordere, als irgend ein Schiff mit ſich führen kann, wenn man hinlängliches Trinkwaſſer dadurch erhalten wolle, daß ſie alſo nur im wirklichen Nothfalle von Nutzen ſeyn könne.

Die alte Meynung, daß ſich Waſſer zuletzt in Erde verwandele, mag wohl die berühmt gewordene Frage von der beſtändigen Abnahme des Meerwaſſers am meiſten begünſtigt haben. Dalin betrachtete in ſeiner Geſchichte Schwedens dies Land als ein neu entſtandenes, und gründete ſeine Behauptung darauf, daß gewiſſe jetzt trockene Gegenden ehedem unter Waſſer geſtanden hätten, und einige in vorigen Zeiten ausgehauene Merkmale der Waſſerhöhe jetzt ziemlich hoch über der Meeresfläche ſtünden. Dies veranlaßte den Prof. Celſius [e]) zu einigen Veranſtaltungen, wodurch er im Jahre 1743 zu finden glaubte, daß die Meereshöhe an den ſchwediſchen Küſten jährlich um $4\frac{1}{2}$ Decimallinien d. i. in 1000 Jahren um 45 Fuß abnehme. Er giebt von der Abnahme des Waſſers zweyley Urſachen an. Es ſey bekannt, daß beſtändig eine große Menge Waſſer ausdunſte, welche ſich nachgehends in

e) Anmerk. von der Verminderung des Waſſers in der Oſtſee und dem weſtlichen Meere in den Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. 1743. 8. der Ueberſetz. S. 25. ff.

in Wolken zuſammenhäufe; ein Theil davon falle als Regen wieder in die See nieder, ein Theil ſtoße an Berge, und rinne gleichwohl in großen Strömen auch wieder ins Meer zurück; aber der Regen, welcher die Erde bewäſſere, und das Wachsthum aller Pflanzen und Bäume verurſache, komme nicht alle zuſammen wieder ins Meer, ſondern bleibe in den Gewächſen zurück, und verwandele ſich vielleicht nachgehends mit ihnen durch Verweſung in Dammerde. Daraus ſchließe Newton, daß die feſten oder trockenen Theile der Erde beſtändig zunähmen, aber die flüſſigen ſich immer verminderten, und endlich gänzlich würden ausgetrocknet werden, wenn nicht die Kometen unter andern bey ihrer Annäherung zur Erde durch ihre Dünſte dieſen Abgang erſetzten. Solchergeſtalt, meint Celſius, würde das Meer durch ſeine Ausdünſtung jährlich ohngefähr $\frac{1}{2}$ Zoll verlieren. Die andere Art, das Sinken des Meeres zu erklären, ſchiene nicht ſo gar ungereimt, wenn man ſich nämlich einbilde, der Boden der See habe ein oder mehrere Löcher, durch welche ſich das Waſſer in den Abgrund der Erde ziehe. Welche von dieſen Meynungen die wahre ſey, könne man aus Mangel zulänglicher Beobachtungen nicht ſicher beſtimmen. Auch könnten wohl beyde Urſachen zuſammen ſtatt finden. Da dieſe beyden Urſachen in verſchiedenen Jahren gar verſchieden wirken können, und daher die Verminderung der Höhe in gleicher Zeit nicht gleich viel beträgt, ſo ſuchte Nils Gißler[f]) eine Anleitung, die Abnahme des Meeres in gewiſſen Jahren zu finden, zu geben. Linné[g]) behauptete, die Menge des Waſſers

f) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. J. 1746. 8. der Ueberſ. 163. f.

g) Oratio de telluris habitabilis incremento in Amoenit. acad. Vol. II. p. 402.

Waſſers vermindere ſich durch eine beſtändige Verwandlung deſſelben in Erde, und das bewohnbare Land werde dadurch beſtändig vergrößert. Der Biſchoff Browallius h) hingegen ſuchte dieſe Meynung zu widerlegen, und erklärte die bemerkten Veränderungen blos für lokal und relativ. Um die Frage mit Gewißheit zu entſcheiden, wären weit mehrere Erfahrungen von allen Küſten des Meeres nöthig. Und wüſte man auch gewiß, daß die ganze Meeresfläche jetzt niedriger, als vor Zeiten, ſtünde, ſo folgte daraus doch noch nicht die Verminderung des Waſſers, weil Veränderung im Boden eben das zu bewirken im Stande wäre. Otto Runeberg i) ſetzt noch hinzu, daß man keines feſten Punktes auf der Erdfläche verſichert ſeyn könne, von dem ab man mit unwiderſprechlicher Gewißheit meſſen könnte, wie viel die Waſſerfläche dem Mitelpunkte der Erde überhaupt, oder von Zeit zu Zeit näher käme; ferner werde man auch überzeugt, daß auf der Erdfläche beſtändig Veränderungen erfolgt ſind, und noch erfolgen, durch welche Höhen und Thäler entſtehen, Berge und Steine hervorkommen, oder verſchlungen werden, der Boden der See aufſchwillt, oder feſtes Land verſinkt. Wenn ſich aber wirklich die Oberfläche des Meeres in Abſicht auf das Trockene geſenkt habe, ſo müßten die Brunnen, welche ihr Waſſer durch eine Verbindung mit dem Meere bekommen, immer tiefer werden. In der Stadt Waſa fänden ſich über 100 Brunnen, deren Zuſammenhang mit

h) Hiſtor. und phyſikal. Unterſuchung von der vorgegebenen Verminderung des Waſſers ꝛc. Stockholm 1756. 8.

i) Abhandl. der ſchwediſch. Akad. der Wiſſenſch. J. 1765. 8. der Ueberſ. p. 83. ff.

mit dem Meere ſich ſo wohl dadurch entdecke, daß ſie beſtändig mit dem Meere gleiche Höhe beſitzen, als auch dadurch, daß ihnen Waſſer mangele, wenn eine ſtarke Kälte die Dicke des Meereiſes vergrößere. Dagegen ſucht die Verminderung des Waſſers Carl Friedrich Nordenſchiöld k) wiederum zu vertheidigen. Nach ſeiner Meynung kommt es hiebey vorzüglich auf folgende Frage an: ob Erde, Berge und Klippen an den Ufern der Oſtſee beſtändig einerley Höhe behalten, oder ob ſie gegen die Oberfläche des Meeres höher werden, als ſie ſonſt geweſen ſind, ſie mögen nun unter dieſer Oberfläche oder über ihr befindlich ſeyn? Nachdem könne ein jeder unterſuchen, welches von beyden wahrſcheinlicher ſey, ob ſich die Erde erhöhe, oder ob das Meer niedriger werde, und das Waſſer nach und nach abnehme, oder ob beyde Umſtände, einer mehr, der andere weniger, etwas dazu beytragen. Daß nun Erde, Berge, Boden der See mit der Zeit höher gegen die Oberfläche des Waſſers zu liegen kommen, beweiſet er aus Hölungen der Erde, Erdſchichten, und andern Merkwürdigkeiten. Ueberdem gebe die Verwandelung des Waſſers in Erde einen Beweis für die Verminderung deſſelben, wie denn das Waſſer überhaupt nichts weiter, als eine mehr oder weniger flüſſige Erde ſey, (eine Meynung, die in dieſem Zeitraume ziemlich herrſchend war). Auch zeige ſich ein wirkliches Abnehmen des Waſſers daraus, daß die faſt unendliche Menge Erde, die von dem trokkenen Lande zu allen Zeiten, bald mehr, bald weniger in das Meer geführt werde, das Waſſer an den Ufern nicht erhöhe, welches doch nothwendig geſchehen müßte, weil ſie unter der Oberfläche des Meeres mehr Raum einnehme, als die, welche das Waſſer bey Sturm

k) Abhandl. d. ſchwed. Akad. J. 1769. der Ueberſ. S. 124. ff.

Sturm über der Oberfläche des Meeres wegwerfe. Durch ſolche in das Meer ſchwimmende Erde müßte es nach und nach das Erdreich überſchwemmen, wenn das Waſſer nicht wirklich abnähme. Daß Waſſer in Brunnen, die man in gleicher Höhe mit dem Meere zu ſeyn glaube, nicht mit der Zeit tiefer werde, oder auch das Waſſer in andern ſteige, wenn Fluth ſey, und mit der Ebbe falle, beweiſe nichts gegen die Verminderung des Waſſers. Denn die meiſten Brunnen entſtänden vom Quellwaſſer, und hätten gar keine Gemeinſchaft mit dem Meere. Alle dieſe Einwürfe und Beweiſe für die Verminderung des Waſſers hat Runeberg [1]) ſehr gut entkräftet. Die innern Höhlungen der Erde könnten durch ganz andere Urſachen, als durch das Meerwaſſer entſtanden ſeyn, und daß Berge höher als ſonſt wären, dies gäbe gar keinen Beweis für die Verminderung des Waſſers ab, da dieſes durch mancherley Zufälle, als Erdbeben, Vulkane u. d. g. bewirkt werden könne. Was die Verwandlung des Waſſers in Erde betreffe, ſo müſſe dies durch die Chemie ausgemacht werden, und wenn es wirklich ſo wäre, ſo werde man doch auch zugeben, daß das Geſetz der Verwandlung die Erde wieder zu Waſſer machen könne; denn da alle Körper den Kreis der Verwandlungen predigten, ſo werde man wohl nicht einen einzigen allein eine andere Sprache reden laſſen. Was endlich gegen die Höhe des Waſſers in Brunnen angeführt ſey, ſo gelte dies nur von ſolchen, welche vom Oberwaſſer entſpringen, und ſich innerhalb der Erde oberſten Schaale finden. Allein es gebe Brunnen, welche ihren Zuſammenhang mit der See, theils durch übereinſtimmendes Steigen und Fallen, theils

da-

1) Abhandl. d. ſchwed. Akad. J. 1769. S. 177. ff.

dadurch zu erkennen geben, daß ihr Waſſer ſtets ſo ſtark, als das Meerwaſſer, geſalzen iſt.

Newton's Syſtem erhielt in dieſem Zeitraume durch weitere Unterſuchungen über die periodiſche Bewegung des Meerwaſſers, der Ebbe und Fluth, wiederum eine große Stütze. Newton ſelbſt, der nach ſeiner Theorie die merkwürdigſten Erſcheinungen zu erklären ſuchte, begnügte ſich damit, die Figur zu beſtimmen, bey welcher das Meer unter der Einwirkung der Sonne und des Mondes im Gleichgewichte ſeyn würde. Er ſetzte voraus, das Meer nehme dieſe Figur jeden Augenblick an, und dieſe Vorausſetzung gab ihm Reſultate, die unter vielen Beziehungen mit den Beobachtungen übereinſtimmten. In der That nahm dieſer große Geometer auf die Umdrehungsbewegung der Erde Rückſicht, um das Zurückbleiben der Ebbe und Fluth hinter den Durchgängen der Sonne und des Mondes durch den Meridian zu erklären. Da aber ſein Syſtem anfänglich unter den Ausländern wenig Eingang fand, jedoch viel Aufmerkſamkeit erregte, und um ſo mehr die Carteſianer aufmunterte, ihr Syſtem entweder durch mehrere und genauere Beobachtungen zu befeſtigen und Newton's Theorie dadurch gänzlich umzuſtoßen, oder letztere mit den Erfahrungen übereinſtimmend zu finden; ſo unternahm es die franzöſiſche Akademie der Wiſſenſchaften zu Anfange des achtzehnten Jahrhunderts, eine große Anzahl von Beobachtungen über die Ebbe und Fluth in den franzöſiſchen Häfen machen zu laſſen. Sie wurden zu Breſt ſechs Jahre nach einander täglich fortgeſetzt, und machen durch ihre Anzahl und durch die Größe und Regelmäßigkeit der Ebbe und Fluth in dieſem Hafen die vollſtändigſte und nützlichſte

Samm-

Sammlung dieſer Art aus. Von dieſen Beobachtungen findet man einen Auszug von Jakob Caſſini in den Schriften der königl. franz. Akad. der Wiſſenſch. 1710, und 1713. Dieſe Beobachtungen lehrten, daß Newton's Theorie zum Theil damit zuſammenſtimme, zum Theil aber auch ſehr davon abweiche. Dadurch wurden die Carteſianer veranlaßt, ihr Syſtem unter mancherley Abänderungen, um es mit den Beobachtungen zu vereinigen, deſto hartnäckiger zu vertheidigen. Indeſſen erhielt Newton's Syſtem durch die Erklärungen anderer Erſcheinungen am Himmel mehrere Anhänger in Frankreich, ſo daß endlich die Akademie der Wiſſenſchaften zu Paris veranlaßt wurde, auf die Entwickelung der Geſetze der Ebbe und Fluth und deren Urſache für das Jahr 1740. einen Preis auszuſetzen. Die gekrönten Abhandlungen von Cavallerie, Dan. Bernoulli, Mac-Laurin und Euler [m]) enthalten Entwickelungen der Newtonſchen Theorie, welche ſich auf die nämliche Hypotheſe vom Gleichgewichte des Meeres unter der Einwirkung der Geſtirne, die es anziehen, gründen. Mit Hülfe der Analyſis haben dieſe Männer alle Umſtände der Ebbe und Fluth ſo genau und glücklich beſtimmt, als es nach ihrer Vorausſetzung nur möglich war. Auch nahmen ſie, wie Newton, auf die Umdrehungsbewegung der Erde Rückſicht, um daraus das Zurückbleiben der Ebbe und Fluth hinter den Durchgängen der Sonne und des Mondes zu beſtimmen.

m) Pièces, qui ont remporté le prix de l'Acad. roy. des ſcienc. en 1740. ſur le flux et reflux de la mer. auch in philoſ. natur. princ. mathem. autore *Iſ. Newtono* cum comment. PP. *le Sieur* et *Jacquier*. To. III. 1760. 4.

men. Dabey liegen aber Vorausſetzungen zum Grunde, aus welchen ſie Reſultate erhielten, die mit den Beobachtungen nicht genau genug übereinſtimmten. Dieſer Umſtand iſt erſt in der Folge durch Hube, und vorzüglich durch la Place mit ſo großer Genauigkeit, als es dieſer Gegenſtand zuläßt, beſtimmt worden. Indeſſen haben die Arbeiten dieſer großen Männer mit der nur möglichſten Schärfe gezeigt, daß die Erſcheinung der Ebbe und Fluth bloß aus Newton's Theorie abgeleitet werden könne. Uebrigens ergaben ſich aus ihren Rechnungen noch folgende Reſultate:

1. In den Neu- und Vollmonden iſt die Zeitdauer zwiſchen den hohen Fluthen am erſten und zweyten Tage 24 Stunden 35 Minuten, mithin geht die Fluth dem täglichen Umlaufe des Mondes, welcher 24 Stunden 50 Minuten beträgt, um 15 Minuten voran.

2. In den Quadratſcheinen hingegen iſt die Zeitdauer 25 Stunden 15 bis 40 Minuten, und es bleibt daher die Fluth gegen den täglichen Umlauf des Mondes um 25 bis 50 Minuten zurück, nachdem der Mond in der Erdferne oder Erdnähe ſich befindet.

3. Der Tag, an welchem die Zeitdauer das Mittel zwiſchen ſeinen äußerſten Grenzen hält, fällt den Quadratſcheinen näher, als den Neu- und Vollmonden.

4. Die veränderten Höhen der Fluthen ſind um die Neu- und Vollmonde und Quadratſcheine am geringſten, ſo wie Wachsthum und Abnahme jeder Größe da am geringſten iſt, wo ſie ein Gröſztes oder Kleinſtes wird.

5. Die

5. Die größten veränderten Höhen liegen den Quadratſcheinen am nächſten.

6. Die Höhe der Fluth über das niedrigſte Waſſer an jedem Orte iſt der größten Höhe des Waſſers gleich multiplicirt mit dem Quadrat des Sinus der Höhe oder Tiefe des Weltkörpers, wo für die Höhe dieſes Körpers derjenige Ort genommen wird, welcher etwa 35° weiter gegen Morgen ſteht, als dieſer Himmelskörper.

Hieraus folgt nun zur Berechnung der Höhe der Fluth an jedem Orte folgende Regel: man ſucht die Stelle des Mondes und der Sonne, und ihre Entfernungen von der Erde, berechnet hieraus ihre Abweichungen und ihre Höhen für den beſtimmten Ort, nimmt jedoch hiebey den Stundenwinkel um ſo viel größer, ſo viel ſpäter an den Tagen der Neu- und Vollmonde die hohe Fluth nach der Culmination des Mondes erfolgt. Das Quadrat des Sinus dieſer gefundenen Höhe mit der größten Wirkung des Mondes für die gefundene Entfernung multiplicirt giebt die Höhe des Waſſers über den niedrigſten Stand für die Wirkung des Mondes. Eine ähnliche Rechnung für die Sonne giebt eben dieſe Höhe für ihre Wirkung. Beyde Höhen zuſammengenommen beſtimmen die verlangte Höhe.

In Europa iſt die Ebbe und Fluth nach den Nachtgleichen ſtärker, als um den Sommerpunkt. Nach de la Lande [n]) wirken hier mehrere Urſachen, weil 1. die Süd- und Weſtwinde alsdenn ſtärker ſind, und mehr Waſſer herbeyführen, 2. weil die Fluth des Sommerpunktes, wo der höchſte Ort des Waſſerſphäroids weiter gegen Norden fällt, zwiſchen dem feſten Lande von

n) Mém. de Paris an. 1772.

von Afrika und Amerika mehr geſperrt wird, und nicht ſo leicht an unſere Küſten dringen kann, als die um die Nachtgleichen, 3. weil die zwey Fluthen in den Sonnenwenden ſehr ungleich ſind, und ſich daher zum Theil einander aufheben, dagegen die zwey täglichen Fluthen um die Nachtgleichen einander gleich ſind, und daher ihre völlige Wirkung merklicher wird.

Atmoſphäre der Erde.

Jakob Caſſini o) hatte aus mehreren Beobachtungen gefunden, daß die Mariottiſche Regel in großen Höhen der Atmoſphäre nicht zutreffen wollte. Da es aber Schwierigkeiten hätte, die wahre Regel phyſiſch zu finden, weil uns die Natur der Elaſticität der Luft unbekannt wäre, ſo wolle er voraus ſetzen, daß ſich die Ausbreitung der Luft verkehrt wie das Quadrat des Gewichts, das auf ſie drucke, verhalte.

Wenn daher das Gewicht der Atmoſphäre an der Meeresfläche eine Queckſilberſäule von 28 Zoll Höhe im Gleichgewichte erhalte, und dieſe Höhe um eine einzige Linie vermindert würde, (welches nach Mariotte's Beſtimmung 63 Fuß über der Meeresfläche ſeyn würde), ſo würde das Gewicht der Atmoſphäre, wo ſie viermal dünner wäre, einer Queckſilberſäule von 14 Zoll Höhe das Gleichgewicht halten. Setzte man alſo, wie das Quadrat von 14 zu dem Quadrate von 28, d. i. wie 1:4, ſo verhält ſich die Ausbreitung der Luft an der Meeresfläche, wo eine Linie Queckſilber mit 63 Fuß Höhe im Gleichgewichte ſteht, zu der Ausbreitung der Luft, wenn ſie nur mit der Hälfte des Gewichtes der Atmoſphäre gepreßt wird. So würde man auf dieſe Art 42 Toiſen oder 252 Fuß für die Höhe der

o) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1733.

der Luft, welche nun mit einer Linie verminderter Queckſilberhöhe correſpondirt, erhalten, ſo daß man, wenn die Luft in der Höhe ſchon ſo dünn geworden iſt, daß ſie nur die Queckſilberſäule von 14 Zoll halten kann, noch 252 Fuß höher ſteigen muß, wenn das Queckſilber auf 13 Zoll 11 Linien ſtehen ſoll. Nach dieſer Regel correſpondirten alſo:

mit	1	Zoll	130	Toiſen	
—	2	—	269	—	
—	3	—	419	—	
—	4	—	582	—	
—	5	—	759	—	
—	6	—	962	—	
—	7	—	1173	—	
—	8	—	1405	—	
—	9	—	1662	—	
—	10	—	1947	—	

Auf dieſe Regel wurde Caſſini aus einer Vergleichung der Beobachtungen von Plantade und Feuillée mit Maraldi's und Mariotte's Regel geleitet. Plantade hatte nämlich am 4ten Auguſt 1731 auf der Spitze des Canigou, am 18ten Aug. 1732 auf dem Berge Mouſſet, am 25ten Aug. 1732 auf der weſtlichen Spitze des Berges St. Bartholomay, und Feuillée 1740 auf dem Pic von Teneriffa, die Barometerhöhe 20 Zoll 2$\frac{1}{2}$ Linien, 20 Zoll 10$\frac{1}{3}$ Lin., 21 Zoll — $\frac{1}{3}$ Lin., 17 Zoll 5 Lin., die Unterſchiede von der Barometerhöhe, die zu gleicher Zeit am Meeresufer beobachtet wurden, 7 Zoll 11$\frac{1}{2}$ Linien, 7 Zoll 1$\frac{1}{2}$ Linien, 6 Zoll 11$\frac{2}{3}$ Linien, 10 Zoll 7 Linien, und die Höhe der Berge 1453, 1289, 1190, 2213 Toiſen gefunden.

Mit

Die Unterſchiede dieſer Barometerhöhen berechnete Caſſini nach ſeinen in den Abhandlungen der Akademie vom Jahre 1705 mitgetheilten zwey Tafeln; wovon die eine nach Mariotte's Regeln berechnet, die andere von Maraldi verfertigt war. Mit dieſen Tafeln fand er die Beobachtungen von Plantade und Feuillée nicht zuſammenſtimmend. So waren die geometriſch beſtimmten Höhen auf dem St. Bartholomäus Berge, auf dem Moufflet, auf dem Canigou und auf dem Pic von Teneriffa 1190, 1289, 1453 und 2213 Toiſen. Nach Mariotte's Regel 1012, 1035, 1183 und 1686 Toiſen; nach Maraldi's Regel 1427, 1467, 1728 und 2624 Toiſen.

Nachher ſtellte er noch eine andere Vergleichung anderer geometriſch beſtimmter Höhen mit den Reſultaten, die er nach ſeiner Regel gefunden hatte, an, welche folgende kleine Tabelle zeigt:

	gemeſſ. Höhen	Nach Caſſini's Regel
Der Thurm auf Maſſane	397 Toiſen	354 Toiſen
Der Berg Bugarag -	648 —	564 —
- - de la Coſte -	851 —	759 —
- - de la Courlande	838 —	759 —
- St. Bartholomay	1190 —	1168 —
- - Moufflet -	1289 —	1200 —
- - Canigou -	1453 —	1394 —
- Pic von Teneriffa	2213 —	2120 —

Aus dieſer Vergleichung vermuthete er, daß die Ausbreitung der Luft wohl noch in einem größern Verhältniſſe, als im umgekehrten des Quadrats der drückenden Kraft ſtatt haben könne. Hätte die Dichtigkeit der Luft ſo ſehr abgenommen, daß die übrige Atmoſphäre nur noch eine Queckſilberſäule von Einer Linie Höhe hal-

halten könnte, ſo würde die Höhe von der Meeresfläche an gerechnet nach ſeiner Regel 118450 Toiſen, oder mehr als 500 Meilen betragen.

Daniel Bernoulli p) hat eine ganz eigene Regel aus allgemeinen Betrachtungen über die Elaſticität der Luft, wovon ſchon das weſentlichſte oben angeführt iſt, zur Erfindung der Höhen mittelſt des Barometers hergeleitet, die aber ganz hypothetiſch iſt. Zuerſt unterſucht er den ſenkrechten Druck der Luftſäulen und ihr Gleichgewicht, ſowohl unter einander ſelbſt, als auch mit dem Queckſilber im Barometer. Wenn man ſich nämlich die Luftſäulen der Atmoſphäre als zwey Röhren von gleichem Durchmeſſer vorſtellt, welche eine ſenkrechte Lage haben, oben offen und durch kleine horizontalliegende Röhren mit einander verbunden ſind, ſo müſſen die Böden beyder Röhren nothwendig gleichen Druck erleiden, wenn die eingeſchloſſenen Lufttheilchen einerley Geſchwindigkeit und einerley Wärmegrad beſitzen. Werden nun in dieſen Röhren bewegliche Deckel angenommen, welche in der einen eben ſo hoch wie in der andern ſtehen, und mit gleichen Gewichten beſchwert ſind, ſo ſtellen die Räume zwiſchen den Deckeln und Böden dieſer verbundenen Röhren ſphäriſche überall gleich weit von der Meeresfläche abſtehende Luftſchichten vor. Dieſe beyden Röhren ſtellen allezeit die ganze Atmoſphäre vor; und eben ſo wird der Boden der Röhren die Grundfläche der Atmoſphäre vorſtellen. Da nun, ſchließt Bernoulli, nach den vorausgeſetzten Grundſätzen die Barometerhöhe in allen ihren Stellen ſtets einerley ſeyn muß, dieſe aber auf der Oberfläche der Erde verän

p) Hydrodynamica. ſect. X. de affectionibus atque motibus fluidorum elaſticorum praecipue autem aeris.

veränderlich iſt, ſo kann dieſe nicht die Grundfläche der Atmoſphäre ſeyn. Die großen Veränderungen in der Dichtigkeit der Atmoſphäre werden nach Bernoulli's Meynung durch die Wärme bewirkt. Jede Luftſchicht werde, wie er glaubt, einerley Wärme haben.

Ueberhaupt laſſen ſich Bernoulli's Sätze, mit de Lüc, in zwey Claſſen bringen. Die erſtere enthält diejenigen Sätze, welche die Eigenſchaften und Bewegungen elaſtiſcher Materien überhaupt enthalten, die andere aber diejenigen, welche die Atmoſphäre insonderheit angehen. Zur erſtern gehören folgende Sätze: flüſſige Materien ſind elaſtiſch, wenn ſich ſchon ihre Theilchen nach allen Richtungen ſehr ſchnell bewegen. Die expanſive Kraft dieſer flüſſigen Materien kann durch zwey Urſachen verſtärkt werden, wenn nämlich entweder eine größere Anzahl von Theilen in einerley Raum zuſammengedrängt, oder die Geſchwindigkeit derſelben vermehrt wird. Die erſte dieſer Urſachen bewirkt Dichtigkeit, und wenn man annimmt, die Materie laſſe ſich bis ins Unendliche verdichten, ſo iſt die daraus entſtehende Elaſticität jederzeit im verkehrten Verhältniſſe des Raums, welchen einerley Anzahl von Theilen einnimmt. Die Dichtigkeit der Materie wächſt in dem Verhältniſſe der zuſammendruckenden Kraft; in eben dieſem Verhältniſſe wirken auch die Theile der Materie auf einander ſelbſt, weil beſtändig die untern Schichten von den obern zuſammengedruckt werden. Auf den Boden druckt eine flüſſige elaſtiſche Materie bloß durch ihr Gewicht. Die Wärme verurſacht, daß die Theilchen eine größere Geſchwindigkeit erhalten, und dadurch nimmt ihr Stoßen zu wie das Quadrat der Geſchwindigkeiten. Die Wirkungen dieſer letztern Urſachen verhalten ſich wie die Anzahl der ſto-

ßen-

ßenden Theilchen d. i. wie die Dichtigkeit. Mithin iſt das Verhältniß der Elaſticität flüſſiger Materien aus dem einfachen ihrer Dichtigkeiten und dem doppelten der Geſchwindigkeiten ihrer Theilchen zuſammengeſetzt. Schließt man eine elaſtiſche flüſſige Materie in zwey ſenkrecht ſtehende Röhren von einerley Länge, welche mit einander durch kleine wagrecht liegende Röhren verbunden ſind, ein; ſo kann die Geſchwindigkeit der Theilchen in der einen Röhre durch die Wärme zunehmen, ohne daß dadurch die Elaſticität in beyden Röhren ungleich würde, weil in der andern Röhre die Dichtigkeit verhältnißmäßig größer wird. Nimmt man endlich in beyden Röhren bewegliche Deckel an, welche gleich hoch ſtehen und mit gleichen Gewichten beſchwert ſind, ſo bleibt der Druck auf dem Boden der Röhre immer einerley, die Geſchwindigkeit der Theilchen mag in der ganzen Materie oder nur an einer einzelnen Stelle zunehmen.

Was diejenigen Sätze betrifft, die zur andern Claſſe gehören, ſo ſoll nach Bernoulli der Druck der Atmoſphäre auf die Grundfläche allezeit und in allen Orten gleich ſeyn, und da man doch am Barometer wahrnehme, daß ſich dieſer Druck auf der Oberfläche der Erde ändere, ſo ſoll dieſe Grundfläche noch eine gewiſſe Tiefe unter der Meeresfläche haben. Ferner ſollen die Barometerveränderungen auf der Oberfläche der Erde von den Ausdehnungen und Verdichtungen einzelner Theile der Atmoſphäre herkommen, die innerhalb der Erdkugel eingeſchloſſen ſind. Jede ſphäriſche Luftſchicht, welche von der Erde gleich weit abſteht, ſoll die untern überall gleich ſtark drucken. Veränderungen der Geſchwindigkeit der Theilchen in irgend einer Stelle der Schicht ſollen bald verhältnißmäßige

Veränderungen der Dichtigkeit in allen übrigen Stellen derſelben Schicht hervorbringen, ſo daß die Elaſticität, welche ſich im zuſammengeſetzten Verhältniſſe der Dichtigkeiten und der Quadrate der Geſchwindigkeiten befindet, in gleichen Höhen allezeit gleich groß bleibe. Ueberdem ſollen ſich die Vermehrungen und Verminderungen der Wärme in jeder Schicht mit hinlänglicher Genauigkeit gegen einander aufheben, ſo daß die mittleren Geſchwindigkeiten der Theilchen, die mittleren Dichtigkeiten, und die Elaſticität in jeder Schicht der Atmoſphäre beynahe immer gleich bleiben. Endlich ſoll der Unterſchied des Barometerſtandes an Orten von verſchiedener Höhe den Unterſchied der mittleren Dichtigkeiten, d. i. den Unterſchied der Elaſticität der Luft in beyden Schichten, worin dieſe Oerter liegen, anzeigen; und dieſer ſoll alſo zu allen Zeiten einerley bleiben.

Den Satz der Phyſiker, daß ſich die Höhen der Oerter über der Erdfläche zu einander verhalten, wie die Logarithmen der Verhältniſſe, in welchen die Barometerhöhen abnehmen, verwirft Bernoulli gänzlich, weil er mit der Erfahrung nicht übereinſtimmt, und auf dem Geſetze beruht: daß ſich die Dichtigkeit der Luft überall, wie die zuſammendruckende Kraft verhalte. Die Erfahrungen ſind folgende:

1. In einer Höhe von 1070 Pariſ. Fuß über der Meeresfläche fiel das Queckſilber im Barometer $16\frac{1}{3}$ Linie, da die Höhe des Barometers an der Meeresfläche 28 Zoll $4\frac{3}{4}$ Lin. war. Setzt man alſo ein für allemal die Elaſticität an der Meeresfläche = 1, ſo wäre die Elaſticität der Luft in der eben angeführten Höhe oder E = 0,9520 geweſen.

In

2. In einer Höhe von 1542 Pariſ. Fuß über der Meeresfläche fiel das Queckſilber im Barometer auf $21\frac{1}{2}$ Lin. herab, da es in ſelbigem am Meere 28 Zoll 2 Linien Höhe hatte; hier war alſo E = 0,9364 geweſen.

3. In der Höhe des Pic auf Teneriffa von 13158 Par. Fuß über der Meeresfläche ſtand das Barometer auf 17 Zoll 5 Linien, indem es am Meeresufer 27 Zoll 10 Linien hoch war; mithin war E = 0,6257 geweſen.

4. Wenn in geringen Höhen der Fall des Queckſilbers genau beobachtet würde, ſo fände man, daß eine einzige Linie Queckſilberfall einer Höhe von 65 bis 66 Fuß zugehöre. In einer Höhe von 65 Fuß wäre alſo E = 0,9970.

Hiernächſt berechnete nun Bernoulli eben dieß nach der Methode der Logarithmen, und fand den Unterſchied ſo beträchtlich, daß er ſelbige gänzlich verwarf. Er urtheilt vielmehr, daß man ſchwerlich hoffen dürfe, das wahre Geſetz zu entdecken, welchem hier die Natur folge. Indeſſen ſucht er doch eine Formel zu beſtimmen, auf welche ſich dieſe vier Beobachtungen bringen laſſen. Er unterſuchte nämlich die Natur dreyer krummen Linien, welche um einerley Axe beſchrieben werden, deren Abſciſſen die Höhen ſind. Die eine derſelben ſtellt die zugehörigen mittleren Geſchwindigkeiten, die andere die mittleren Dichtigkeiten und die dritte die Elaſticitäten dar. Sind zwey von dieſen Linien bekannt, ſo läßt ſich daraus die dritte aus dem Satze finden: daß ſich die Elaſticitäten, wie die Produkte aus den Dichtigkeiten in die Quadrate der Geſchwindigkeiten verhalten. Hierauf findet er durch Rechnung, daß die vier angeführten Beobachtungen

eine Axe erfordern, deren Scheitelpunkt 22000 Fuß tief unter der Oberfläche der Erde liege.

Um nun die Hypotheſe, durch welche die Beobachtungen übereinſtimmend gemacht worden ſind, allgemein darzuthun, ſucht Bernoulli zu erklären, wie es möglich ſey, daß die mittlere Geſchwindigkeit der Lufttheilchen, oder, welches einerley iſt, die mittlere Wärme der Luftſchichten deſto größer werde, je höher ſie über die Meeresfläche erhaben wären. Nach ſeiner Meynung dürfe man den freyen Zuſtand der Atmoſphäre in Abſicht auf die Wärme nicht nach demjenigen beurtheilen, was man auf den Bergen wahrnehme, wo beſondere Urſachen mitwirken könnten; denn ob man gleich eine beſtändige Verminderung der Wärme in höhern Gegenden finde, ſo ſey es doch keinesweges ungereimt, anzunehmen, daß in der freyen Atmoſphäre die mittlere Wärme immer zunehme, je mehr man ſich über die Meeresfläche erhebt. So glaubt er auch, es laſſe ſich annehmen, die Luft an der Erdfläche ſey unter den Polen 10mal dichter, als unter dem Aequator; dieſer Unterſchied verliere ſich aber nach und nach in größern Höhen. Daher müßte die Dichtigkeit der Luft von unten hinauf unter den Polen weit ſchneller, als unter dem Aequator, abnehmen, ſo daß dieſes Abnehmen unter den Polen in kleinen Höhen wohl nach dem Verhältniſſe $(22000 + x)^4 : 22000^4$ fortſchreiten könnte, weil daſelbſt die Wärme in der Höhe ſehr ſtark zunehmen müßte, da es unter dem Aequator aus entgegengeſetzten Urſachen oft kaum merklich ſeyn möge. Man könne daher annehmen, daß die mittleren Dichtigkeiten in dem Verhältniſſe $(22000 + x)^2 : 22000^2$ vermindert würden, indem die Elaſticitäten allenthalben in dem Verhältniſſe $(22000 + x) : 22000$ ab-

abnähmen; denn dieſe könnten in einerley Höhe der Erdfläche von einander nicht verſchieden ſeyn, wenn nicht zufällige Umſtände dazu kämen, die aber von keiner langen Dauer wären.

Die Anwendung ſeiner Formel auf Höhenmeſſungen mit dem Barometer zeigt Bernoulli nicht, aber ſie läßt ſich leicht aus ſeinen Sätzen finden. Es verhält ſich nämlich nach ihm die Elaſticität der Luft an verſchiedenen Orten, wie die Barometerhöhe. Die Höhen über der Meeresfläche ſetzt er x, und nimmt an, die Elaſticität der Luft in dieſen Höhen verhalte ſich zu ihrer Elaſticität am Ufer des Meeres, wie 22000 : (22000 + x); mithin wird ſich auch die Barometerhöhe eines gegebenen Ortes zur Barometerhöhe am Ufer des Meeres verhalten wie 22000 : (22000 + x). Es wird alſo die Höhe des Ortes über der Meeresfläche nach ihm leicht durch folgende Analogie gefunden: wie ſich die beobachtete Barometerhöhe zur Barometerhöhe am Meeresufer verhält, ſo verhält ſich 22000 zur Höhe des Ortes der Beobachtung über einen feſten Punkt, der 22000 Fuß unter der Meeresfläche liegt. Eine Tabelle nach dieſer Regel berechnet findet ſich beym Sulzer[q]) und Böhm[r]). Bernoulli's angeführte Regel beruht aber bloß auf hypothetiſchen Gründen, und wenn man andere Beobachtungen, als die vier von Bernoulli angeführten, wählt, ſo findet man ſtatt des Coefficienten 22000 ganz andere Zahlen.

De

q) Beſchreibung der Merkwürdigkeiten auf einer Reiſe durch einige Orte des Schweizerlandes. Zürch 1742. 4.

r) Gründliche Anleitung zur Meßkunſt auf dem Felde. Frankf. 2te Aufl. 1759. 4. Anhang Taf. IV.

De Lüc bemerkt daher ganz richtig, daß man die unterirdiſche in dem Innern der Erde eingeſchloſſene Luft nicht als einen Theil der freyen Atmoſphäre anſehen könne, daß man alſo auch für die Grundfläche der Atmoſphäre nichts anders als die Oberfläche der Erde ſelbſt annehmen dürfe. Folglich müſſe der Druck der Atmoſphäre beträchtlichen Veränderungen unterworfen ſeyn, wie das Steigen und Fallen des Barometers auf der Erdfläche beweiſe. Endlich könne man wegen des Unterſchiedes der gleichzeitigen Barometerveränderungen an Orten, die nahe an einander liegen, die Bernoulliſche Meynung nicht annehmen: daß ſich die Wirkungen der Verminderung und Vermehrung der Wärme in jeder Luftſchicht gegen einander aufheben.

Wenn Bernoulli's Regel allgemein wäre, ſo müßte ſich überdem an zwey Orten von ungleicher Höhe beſtändig einerley Unterſchied in den Barometerhöhen finden, und gleichwohl kann man durch eine Menge Beobachtungen darthun, daß ſich dieſer Unterſchied ſehr merklich ändere. Und dann nimmt Bernoulli als einen Grundſatz an: die Barometerhöhe ſey ſtets der Elaſticität der Luft proportional, da doch aus der Erfahrung erhellet, daß bloß die Dichtigkeit der Luft als unmittelbare Urſache das Queckſilber im Barometer erhalte, und daß daſſelbe allezeit in dem Verhältniſſe falle, in welchem die Dichtigkeit abnimmt, die Urſache ihres Abnehmens mag übrigens ſeyn, welche ſie wolle.

Johann Jakob Scheuchzer [s]) hatte im Jahre 1709 im Pfefferbade in der Grafſchaft Sar- ganz

s) Bergreiſe, in ſ. Naturgeſchichte des Schweizerlandes Th. II. herausgegeb. von Sulzer. Zürch 1746. und in den Philoſ. Tranſact. for the year 1727. n. 405.

ganz einen Felſen, der ſich an dem kleinen Fluſſe Taminna ſehr ſteil erhebt, mit der Schnur gemeſſen, und die Höhe deſſelben 714 Pariſer Fuß gefunden. Die Barometerhöhe am Fuße deſſelben beobachtete er 25 Zoll 9⅓ Lin. = 309⅓ Linien, oben auf der Spitze aber ſtand das Queckſilber um 10 Linien niedriger.

Die Regel, welche Scheuchzer aus dieſer Beobachtung herleitete, gründet ſich mit der Halley'ſchen auf dieſelben Sätze, nämlich auf die Eigenſchaft der Hyperbel zwiſchen ihren Aſymptoten. Nur die Formel, in welcher Scheuchzer ſeine Regel ausdruckt, und der Coefficient iſt von dem Halley'ſchen Ausdrucke verſchieden. Die Regel ſelbſt iſt dieſe: wie ſich 142717, als der Unterſchied der Logarithmen beyder beobachteten Barometerhöhen (nämlich 25 Zoll 9⅓ Lin. und 24 Zoll 11⅓ Lin.), verhält zu 714 Fuß, als der Höhe der Felſenwand, ſo verhält ſich der Unterſchied zwiſchen den Logarithmen der Barometerhöhen am Ufer des Meeres (28 Zoll 1 Linie) zu der Höhe dieſes Ortes über der Meeresfläche.

Sulzer führt an, es ſey in Scheuchzers Beſtimmung, oder in der Meſſung der Höhe des Queckſilbers ein offenbarer Fehler; denn aus dieſer ſeiner Beſtimmung folge, daß Pfeffers nicht einmal 1200 Fuß über dem Meere ſey, und das ſey nach allen Beobachtungen falſch. Die Höhe von 1200 Fuß kommt nämlich heraus, wenn man nach Daniel Bernoulli's Regel rechnet, und dabey, ſo wie es Scheuchzer und ſein Sohn angeben, annimmt, das Barometer falle in jener Gegend um 1 Linie in einer Höhe von 71,4 Fuß. Käſtner [t]) erinnert aber

t) Abhandlung von Höhenmeſſ. durch das Barometer. Götting. 1775. 8. S. 262. f.

aber, Daniel Bernoulli ſelbſt gebe das, worauf er ſeine Regel gründe, nur für eine Hypotheſe aus, und die Erfahrungen, welche er dabey zum Grunde lege, wären nicht alle ganz zuverläſſig; wie könne alſo Sulzer etwas, das als Erfahrung angegeben werde, deßwegen eines offenbaren Fehlers beſchuldigen, weil es mit einer ſo hypothetiſchen unſichern Rechnung nicht übereintreffe? Hypotheſen müßten aus Erfahrungen beurtheilt werden, nicht Erfahrungen aus Hypotheſen. Dagegen vermuthet Käſtner bey den Angaben Fehler in der Reduction des Zürcher Maaßes auf Pariſer Maas, und bemerkt noch überdieß, daß Scheuchzer ſelbſt einen Fehler bey ſeiner Beobachtung anführe, ohne daß man nöthig habe, einer Hypotheſe wegen einen anzunehmen. Er habe nämlich die Abzählung nicht von der Höhe des Queckſilbers im unterſten Behältniſſe genommen. Er habe alſo nur bemerkt, wie viel es oben geſunken, nicht, wie viel es unten geſtiegen ſey, und wiſſe alſo nicht ganz eigentlich, wie viel ſich die Queckſilberſäule geändert habe. Bey gewöhnlichen Barometerbeobachtungen mache man aus dieſer Unrichtigkeit eben nicht gar viel, wenn das Gefäß nur weit gegen die Röhre ſey; beym Höhenmeſſen aber, wo man den Barometerſtand ſelbſt in kleinen Theilen einer Linie zu haben wünſche, könnte ſie doch wohl nicht ganz unbeträchtlich ſeyn. Und dieſer Unterſchied errege ſchon den Verdacht, Scheuchzers Barometer könnte vielleicht nicht alle Vollkommenheit gehabt haben, die man fordern könne, wenn er aus Beobachtungen mit demſelben allgemeine Regeln herleiten ſollte, ob es gleich immer gut genug geweſen wäre, Höhen an den Orten, wo Scheuchzer es gebrauchte, einigermaaßen anzugeben; zu der erſten

Ab:

Abſicht, allgemeine Regeln daraus abzuleiten, gehört, daß es mit andern übereingeſtimmt hätte.

Ueberhaupt ſcheint Scheuchzer auf ſolche Erforderniſſe nicht die größte Aufmerkſamkeit gewandt zu haben. So ließ er vom Auguſt 1728 bis zum September 1731 täglich Barometerbeobachtungen durch die Capuciner auf dem St. Godhard anſtellen, und überließ denſelben deßwegen ein Barometer; es läßt ſich aber nicht leicht beurtheilen, wie dieſes Barometer beſchaffen geweſen ſey, weil er die wirklichen Stände deſſelben nicht angegeben hat. Dieß erinnert vorzüglich Lambert.

Im Jahr 1730 am 27. und 28. Juli ſtellte der Prof. Celſius [u]) im Flammingsſchacht und im König Carl XI. Schacht auf dem Grufrisberge verſchiedene Barometerbeobachtungen an. Er theilt ſie in ſchwediſchen Zollen und deren Decimaltheilen mit, der Zoll ſelbſt iſt ein Zehntheil des Fußes. Die Unterſchiede der Höhen giebt er auch in Fuße an. Seine Beobachtungen ſind in folgender Tafel enthalten:

Höhen	Barometer
+ 312 Fuß	24,81 Zoll
0	25,09 —
— 45,7 —	25,04 —
— 265,7 —	25,27 —
— 485,7 —	25,51 —
— 691,0 —	25,63 —

Celſius verſichert, daß dieſe Beobachtungen mit gehöriger Sorgfalt angeſtellt worden ſind, indem er

u) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. Jah. 1743. der Ueberſ. S. 133. f.

er am Ende jeder Reihe ſeiner Beobachtungen wieder an den Ort gefahren ſey, wo er angefangen hatte, und den Barometerſtand, wie im Anfange, befunden habe.

Aus dieſen Beobachtungen hat Celſius berechnet, was für ein großer Unterſchied der Höhen einer Linie Queckſilber zugehöre. Nachdem er auf ſolche Art ein Paar Beobachtungen mit einander verglich, fand er folgende Reſultate:

Teufe	Barometers Veränderung	Höhe, welcher 1 Lin. Bar. Veränd. zugehört.
1003 Fuß	9,3 Linien	$107\frac{3}{4}$ Fuß
691 —	6,5 —	$106\frac{1}{3}$ —
691 —	6,3 —	$109\frac{3}{4}$ —
312 —	2,8 —	$111\frac{1}{2}$ —
440 —	4,7 —	$93\frac{3}{4}$ —
220 —	2,3 —	$95\frac{1}{2}$ —
220 —	2,4 —	$91\frac{3}{4}$ —

Käſtner bemerkt hiebey aber ganz richtig, daß dieſe Rechnung deßwegen der Natur nicht ganz gemäß ſey, weil man bey einem großen Unterſchiede der Höhen nicht annehmen dürfe, daß eine Linie Queckſilber an der oberſten Grenze der Höhe ſo viel betrage, als an der unterſten.

Andere ähnliche Beobachtungen mit dem Barometer ſind im Jahre 1743 von Schober x) in den polniſchen Salzgruben Wieliczka und Bochnia angeſtellt worden. Das Barometer, das er hiebey gebrauchte, war nach Dresdner Maaß, die Elle in 24 Zoll, und der Zoll in 12 Linien eingetheilt. Beym erſten

x) Zwey Verſuche mit dem Barometer, in den polniſchen Gruben, Wieliczka und Bochnia, angeſtellt den 7 und 22 Nov. 1743 in einem Schreiben an Käſtner mitgetheilt. S. Hamb. Magaz. B. III. St. 3. S. 250. f.

erſten am 7ten Nov. angſtellten Verſuche fand er auf einem nicht weit von Wieliczka gelegenen Berge bey der Voigtey Czubinow die Barometerhöhe 31 Zoll ½ Linie, unten am Fuße des Berges, oder über dem Schachte Regis, 190 Ellen tiefer als vorher, 31 Zoll 5 Linien; in den Gruben unter dem Schachte Regis, in einer Teufe vom Tage 230 Ellen, 31 Zoll 8 Linien; und unten in der Kammer Kloski, in einer Teufe vom Tage 380 Ellen, 32 Zoll 3 Linien. Die ganze Veränderung der Höhe des Queckſilbers auf 570 Ellen betrug alſo 1 Zoll 2½ Linie.

An demſelben Tage verſuchte er auch bey dem Schachte Woyczech, was für eine Höhe das Queckſilber an ſolchen Orten, wo, nach dem Ausdrucke des Bergmanns, kein Wetter iſt, erreiche. Unter dem Schachte, unter einer Teufe vom Tage 120 Ellen, ſtand das Queckſilber, wie unter Regis, 31 Zoll 8 Linien. In der Mitte des Schachts wollte kein Licht lange brennen, unten aber, wo gearbeitet wurde, war es durch öfteres Stören noch zu erhalten, dennoch brannte es beſtändig ganz ſchwach, und mit einer kurzen Flamme, als wenn es verlöſchen wollte.

Den andern Verſuch ſtellte Schober am 22. Nov. in Bochnia an, wo er in den Gruben mehr Teufe hatte. Auf einem Berge, nahe bey dem Schacht Campi, ſtand das Queckſilber 30 Zoll 11 Linien, unten am Fuße des Berges, oder über dem Schachte Campi, 70 Ellen tiefer, 31 Zoll, 1 Linie; in den Gruben unter dem Schachte Campi, in einer Teufe vom Tage 176 Ellen, 31 Zoll 5⅓ Linie. Unter dem Schachte Nisżni, der gleich unter Campi liegt, in einer Teufe vom Tage 382 Ellen, 31 Zoll 10 Linien; unter dem

Schach=

Schachte Gladysz, der auch unter Niszni liegt, in einer Teuſe vom Tage 543 Ellen, 32 Zoll 2 Linien.

Das Steigen des Queckſilbers war alſo überhaupt in einer Höhe von 613 Ellen, 1 Zoll 3 Linien.

Peter Horrebow [y]) hat zur Beſtimmung der Höhen vermittelſt des Barometers ein dem Mariotte ähnliches Verfahren angegeben. Die Atmoſphäre ſtellt er ſich ebenfalls in Schichten getheilt vor, in deren jeder das Queckſilber um Eine Linie fällt, und beſtimmt hieraus die Höhe, die einem beobachteten oder gegebenen Barometerſtande zugehört. Im Jahre 1737 im Auguſt fand er durch Verſuche, daß man ſich 75 Fuß über der Meeresfläche erheben müſſe, wenn das Queckſilber im Barometer um Eine Linie fallen ſoll. Hiernach ſchließt nun Horrebow, wie ſich die beobachtete Barometerhöhe zu 336 Linien (als der Queckſilberhöhe am Meere) verhält, ſo verhalten ſich 75 Fuß (als die Höhe der Luftſäule, welche am Meere Einer Linie Queckſilber das Gleichgewicht hält) zu der Höhe der Luftſäule, welche eben ſo viel am Beobachtungsorte ausrichtet. Denn beſäße die Luft durchgehends gleiche Dichtigkeit; ſo würde ihre Höhe gefunden werden, wenn man 75 Fuß oder 12,5 Toiſen mit den 336 Linien, welche die ganze Höhe von 28 Zoll im Barometer ausmachen, multiplicirte, woraus man 4200 Toiſen erhielte. Da aber die Luft in größerer Höhe immer dünner wird, ſo muß die nächſtfolgende Schicht, welche von dem Ende der 12,5 Toiſen bis dahin gerechnet wird, wo das Queckſilber wieder um

y) Elementa philoſophiae naturalis. Cap. VIII. de denſitate ſtratorum relativa et altitudine atmoſphaerae. Auch im Hamb. Magaz. B. IV. S. 677. f.

um Eine Linie fällt, höher ſeyn. Dieſe muß nun nach ihm in eben dem Verhältniſſe höher ſeyn, in welchem die Queckſilberſäule, welche noch im Barometer hängen bleibt, niedriger iſt, und dieß nimmt er durchgehends an. Erhebt man ſich nämlich in diejenige Höhe, wo das Queckſilber um die Hälfte gefallen iſt, und folglich nur 14 Zoll hoch ſteht; ſo ſchließt er: die Schicht der Atmoſphäre, welche zu dieſer Stelle gehört, ſey noch einmal ſo hoch, als die beym Meere, und folglich 25 Toiſen. An derjenigen Stelle, wo das Queckſilber um $\frac{3}{4}$ gefallen iſt, und nur 7 Zoll hoch ſteht, iſt die ihr zugehörige Schicht viermal ſo hoch, als beym Meere, mithin 50 Toiſen u. ſ. w.

Horrebow hat hiernach eine Tafel berechnet, in welcher man die Höhe über der Meeresfläche aus der Barometerhöhe durch alle Linien finden kann. Seine Methode läßt ſich kurz ſo überſehen. Es ſey die Barometerhöhe an der Meeresfläche $= \alpha$, und die zu 1 Linie Queckſilberfall gehörige Höhe $= \gamma$, ſo daß es an dieſer Stelle der Atmoſphäre noch die Höhe $\alpha - \beta$ zeigt. Kömmt man nun bis dahin, wo das Barometer die Höhe $\alpha - 2\beta$ zeigt, ſo hört gerade daſelbſt die zweyte Schicht auf, und ihre Höhe verhält ſich zur Höhe der erſten wie $\alpha : \alpha - \beta$, ſie iſt alſo $= \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta}$. Kömmt man zum Ende der dritten Schicht, wo die Barometerhöhe $\alpha - 3\beta$ iſt, ſo verhält ſich ihre Höhe zur erſten, wie $\alpha : \alpha - 2\beta$, mithin iſt ſie $= \frac{\alpha\gamma}{\alpha - 2\beta}$. Wenn alſo das Barometer an der unterſten Stelle irgend einer ſolchen Schicht $\alpha - \mu\beta$ hoch ſteht, ſo iſt die Höhe derſelben

ben $= \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \mu\beta}$. Hieraus iſt alſo begreiflich, daß die Höhe über der Meeresfläche ſeyn werde:

$$\gamma$$

$$\gamma + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta}$$

$$\gamma + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta} + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - 2\beta}$$

$$\gamma + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - \beta} + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - 2\beta} \ldots + \frac{\alpha\gamma}{\alpha - (\mu - 1)\beta}$$

wenn die Barometerhöhe $\alpha - \beta$; $\alpha - 2\beta$; $\alpha - 3\beta$; ...... $\alpha - \mu\beta$ iſt. Nach Horrebow iſt $\alpha =$ 28 Zoll, $\beta = \frac{1}{12}$ Zoll und $\gamma = 12,5$ Toiſen, und daraus findet er die Höhe des ganzen Luftkreiſes, oder da, wo die Barometerhöhe $= 0$ iſt, 26862,8 Toiſen. Er glaubt, daß ſeine Rechnung mit der Erfahrung zuſammenſtimme. Die Höhe des Berges Clairet war durch geometriſche Meſſung 277 Toiſ. gefunden worden [z]), und ſeine Regel giebt ſie 277,1 Toiſen. Maraldi und Caſſini laſſen einen Irrthum von 2, 3, ja 4 und $4\frac{1}{2}$ Linien bey der Barometerhöhe zu. Schränkt man nun dies in nicht engere Grenzen ein, ſo glaubt Horrebow, ſeine Theorie werde überall Genüge leiſten.

Bouguer [a]) hat aus ſeinen in Amerika angeſtellten Beobachtungen eine Regel hergeleitet, welche wegen ihres berühmten Urhebers und wegen der leichten Berechnung, die ſie vorſchreibt, ſehr bekannt geworden

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. an. 1702.

a) Voyage au Perou in der Figure de la terre. à Paris 1749. 4. S. XXXIX.

worden iſt. Dieſe Regel iſt folgende: man drucke die Queckſilberhöhen im Barometer in Linien aus; in den gewöhnlichen Tafeln ſchlage man dieſer Zahlen Logarithmen auf und nehme derſelben Unterſchied; von dieſem Unterſchiede ziehe man ſeinen dreyßigſten Theil ab; und von dem, was übrig bleibt, behalte man nur die Kennziffer und die vier nächſten höchſten Ziffern; dies iſt die relative Höhe der Oerter in Toiſen. Bouguer nennt dieſe Regel ſehr einfach, zeigt aber nirgend ihren Grund an, ſondern ſagt nur, ſie beruhe darauf, daß ſich die Dichtigkeiten der Luft in geometriſcher Progreſſion ändern, indem ſich die Höhen in arithmetiſcher ändern. Herr Käſtner vermuthet, Bouguer könnte ſeine Regel folgendermaaßen gefunden haben: er hätte ein gewiſſes Verhältniß zwiſchen den Dichtigkeiten des Waſſers und der Luft am Meere angenommen, daraus das zwiſchen Luft und Queckſilber hergeleitet, und ſich ſo eine Formel nach der Anleitung gemacht, die Halley vorlängſt gegeben habe. Nun hätte er, um eine leichte Rechnung zu bekommen, das, was in den veränderlichen Logarithmen multiplicirt werden muß, ſo einfach als möglich. Dabey würde er ſich denn freylich kleine Aenderungen in den Zahlen, aus welchen der Coefficient entſteht, erlaubt haben, um ihn endlich auf $\frac{290000}{30}$ zu bringen, welches die Bequemlichkeit gab, daß man nur $\frac{1}{30}$ abziehen darf.

Bouguer meldete kurz vor ſeinem Tode in einem Briefe an Needham b), ſeine Methode ſey

nur

b) Obſervations des hauteurs faites avec le barométre au mois d'Août 1751. ſur une partie des Alpes par Mſ. *Needham*. à Berne 1760. 4.

nur für Berge gut, wo der Stand des Queckſilbers nicht ſehr veränderlich ſey, und erinnert dabey, ſeine Methode gebe nicht unmittelbar die Höhe der Berge über das Meer, ſondern wie viel ihre Höhe weniger betrage, als die des Pichincha, welchen er zur Grenze genommen habe, weil er ihn für den höchſten der Berge halte, auf die man kommen könne. Er habe ihn durch geometriſche Meſſung 2434 Toiſen über das Meer gefunden. Die eben angeführte beſondere Angabe hat Käſtner näher zu beſtimmen geſucht, und ihren Grund aus folgenden gemuthmaßet. Des Pichincha Höhe über dem Meere nahm Bouguer für zuverläſſig an, weil er ſie geometriſch gemeſſen hatte, ſo wie auch den Stand des Barometers auf dieſem Berge, weil er vermuthlich glaubte, der Druck der Atmoſphäre ändere ſich daſelbſt nicht merklich; dem Stande am Meere mochte er aus der entgegengeſetzten Urſache nicht ſo viel trauen; Unterſuchungen darüber brachten Käſtnern auf die Spur, auf was für Abmeſſungen Bouguer ſeine Regel gegründet habe. Bouguer hatte nämlich zum Grunde ſeiner Regel die Barometerſtände zu Carabourou und auf dem Pichincha, jenen von $21'' 2\frac{3}{4}''' = 254{,}75'''$, dieſen von $15'' 11''' = 191'''$, nebſt der geometriſch gemeſſenen Höhe des letztern über den erſtern von 1209 Toiſen zum Grunde gelegt. Daher muß man für jeden andern Berg nach Bouguer's Regel erſt die Tiefe unter dem Pichincha berechnen, und aus ihr und des Pichincha geometriſch gemeſſenen Höhe über dem Meere des Berges Höhe. Auch wird ſeine Regel richtiger zutreffen, wenn der Berg nicht ſo gar tief unter dem Pichincha iſt. Uebrigens bemerkt Käſtner, er wiſſe nicht, wie groß der Gefallen ſey, den Bouguer manchem Leſer gethan habe, daß er ihnen

eine

eine ſo einfache Regel gebe, und dabey zu ſagen vergeſſe, daß man nach ihr nicht, wie ſonſt gewöhnlich iſt, vom Meere aufwärts, ſondern vom Pichincha herunterwärts rechnen muß, und was er ſonſt noch alles Herrn Needham belehrte, welcher aus Mangel dieſes Unterrichts zuvor wirklich in Fehler gefallen ſey, in die zum Theil Jeder fallen müßte, der eines ſo großen Mannes Regel auf Treu und Glauben brauchte.

Nachdem Needham Bouguer's Unterricht erhalten hatte, und hiernach rechnete, ſo fand er die Höhen der Berge über das Meer 63 Toiſen größer, als er ſie zuvor gefunden hatte. Er glaubte, daß hiebey ein Fehler obwalten müſſe; entweder rechne Bouguer 63 Toiſen zu viel, oder er ſo viel zu wenig; er meint aber, bey großen Höhen über das Meer, auf welche allein Bouguer ſeine Regel wolle angewandt haben, ſeyen 63 Toiſen nicht beträchtlich. Er ſchlägt daher vor: man ſolle ein Barometer am Meere beobachten laſſen, ein anderes mit auf die Reiſe nehmen, und geringere Höhen, bis ſich etwa das Queckſilber 38 oder 40 Linien ſenke, d. i. Höhen von 5 bis 6 hundert Toiſen, nach Bouguer's Regel von unten hinauf rechnen; nicht zu vergeſſen, obbenannte 63 Toiſen abzuziehen. Größere Höhen ſoll man mit Bouguer zuerſt vom Pichincha herunterrechnen. Herr Käſtner bemerkt aber ganz richtig, daß dies Vorſchläge ſind, welche zeigen, daß Needham die Gründe von Bouguer's Regel nicht aufgeſucht habe, und ſo etwas an ſie flicken wolle, das nicht an ſie paſſe.

Bouguer hat noch in einem eigenen Aufſatze [c]) Bemerkungen gemacht, wovon einige angeführt zu werden verdienen. Seine Regel zur Beſtimmung der Höhen mittelſt des Barometers trägt er hier ſo vor, wie ſie erzählt worden iſt. Als den Grund ſeines Verfahrens giebt er an: die Natur ſtelle uns in der Atmoſphäre Logarithmen dar, aber ſie habe da nicht die willkührliche Form der unſrigen angenommen, welche ſich mit auf unſere Decimalordnung gründet; die Logarithmen der Atmoſphäre ſeyen den Tabularlogarithmen proportionirt, aber nicht die nämlichen; daher müſſe man die unſrigen durch Vermehrung oder Verminderung auf diejenigen bringen, welche uns von den Verdichtungen der Luft dargeſtellt werden; hieraus ſehe man den Grund, warum die vorgeſchriebene Veränderung mit unſern Logarithmen gemacht werden müſſe; es ſey aber hiebey hinreichend, ein für allemal die Logarithmen der Barometerhöhen mit der Höhe eines einzigen Berges zu vergleichen.

Seine Regel, ſagt Bouguer, gebe oben auf dem Gebürge, wo die Franzoſen gemeſſen hätten, kaum 7 bis 8 Toiſen Fehler bey Höhen von 1500 bis 1600. So fand er nach ſeiner Regel den Pichincha über den Carabourou 1209 Toiſen erhaben, welches er durch geometriſche Meſſungen 1208 Toiſen gefunden hatte. Als ein anderes Beyſpiel giebt er: auf einem Berge, Chouſſai, habe Godin das Barometer 17 Zoll 5 Linien gefunden, zu Alauſſi, einem Flecken am Fuße des Berges, 17 Zoll $10\frac{1}{2}$ Lin.; daraus folge nach ſeiner Regel die Höhe 698 Toiſen, und Godin habe ſie geometriſch 697 gefunden. Uebrigens verſichert er, er

c) Sur les dilatations de l'air dans l'atmosphère in den Mémoir. de Paris. 1753.

er könne ſeine Regel noch durch mehr als 30 Beyſpiele beſtätigen.

Nun aber erinnert Bouguer, es ſey merkwürdig, und ein wichtiger Gegenſtand der Unterſuchung, daß dieſe Regel in ihrer Allgemeinheit beybehalten nicht im unterſten Theile der Cordilleras, nicht bey allen andern Gebirgen der heißen Zone, noch weniger in Europa, gelte. Daher hätten einige Naturforſcher andere Methoden ſtatt derjenigen geſucht, die ſich auf die Logarithmen gründe. Dergleichen Methoden könnten für gewiſſe Länder und Gebürge anwendbar ſeyn; allein ſie alle ſetzten zum voraus, die Ausbreitung der Luft in unterſchiedenen Höhen über dem Horizonte richte ſich nicht nach einer geometriſchen Progreſſion, obgleich eine unzählige Menge von Verſuchen auf den höchſten Bergen und am Ufer des Meeres, in der heißen Zone und in den gemäßigten Zonen gelehrt hätten, daß ſich die Elaſticität einer jeden Luftmaſſe genau wie ihre Dichtigkeit verhalte.

Alſo entſteht die Schwierigkeit: warum man die Vergleichung zwiſchen Höhen und Barometerſtänden nicht allemal ſo findet, wie eine natürliche Folge aus dem Geſetze der Elaſticität der Luft ſie angiebt? Aus den Wirkungen der Wärme läßt ſich dies, nach Bouguer, nicht zulänglich erklären; denn die Wärme ſey nahe am Horizonte größer, als in der Höhe, und doch ſey die Luft unten faſt allemal dichter, als ſie nach der Regel ſeyn ſolle. Wenn man den Barometerſtand auf einem niedrigen Berge beobachte, und daraus ferner die Höhe eines höhern darüber, etwa von drey- bis vierhundert Toiſen, ſucht, ſo wird man dieſe Höhe faſt immer zu klein finden; zum Beweiſe, daß die Luft an der Erde dichter iſt, als ſie nach der Regel ſeyn ſollte,

obgleich die Wärme da arbeitet, ſie zu verdünnen. Bouguer hält die Erläuterungen, welche er über dieſe Schwierigkeit geben kann, nicht für zulänglich, aber doch zu fernern Unterſuchungen dienlich. Eine kömmt darauf an: man dürfe nicht ſicher vorausſetzen, daß alle Theilchen der groben Luft einander gleich und ähnlich wären, folglich eines genau ſo viel Elaſticität beſitze, als das andere. Bouguer beruft ſich deßwegen ſelbſt auf Leibnitzen's Satz: daß es in der Natur nicht zwey vollkommen ähnliche Dinge gebe. Der Umſtand, daß einige Lufttheilchen mehr oder weniger Elaſticität haben mögen als andere, ſucht Bouguer durch bekannte Erfahrungen glaublich zu machen. Die Luft läßt ſich von andern Materien gleichſam einſchlucken, und ſondert ſich wieder von denſelben ab. In manchen dieſer Zuſtände verliert ſie, wie Hales gezeigt hat, faſt ihre Elaſticität völlig. Alſo giebt es ohne Zweifel Stufen zwiſchen dem völligen Beſitze der Elaſticität und dem gänzlichen Verluſte derſelben. Uebrigens glaubt Bouguer, das Geſetz durch Beobachtungen gefunden zu haben, daß ſich die ſchwächere Elaſticität im Verhältniſſe der Dichtigkeit ändere. Von ſeinen und ſeiner Geſellſchaft Erfahrungen ſind einige auf hohen Gebürgen angeſtellt worden, andere in niedrigen Gegenden, in Wäldern, wo dicke Luft voll Dünſte war. Allemal haben ſich die Elaſticitäten genau wie die Dichtigkeiten verhalten, obgleich an manchen Orten die Elaſticität der daſigen natürlichen Luft viel ſchwächer ſeyn mußte, als an andern.

Durch dieſe Bemerkung benimmt alſo Bouguer alle Hoffnung, eine allgemeine Regel für die Vergleichung zwiſchen Höhen und Barometerſtänden a priori

zu

zu finden, weil es uns unbekannt iſt, wie weit die Elaſticität der Luft an verſchiedenen Orten verſchieden ſeyn könne. Wahrſcheinlich befinden ſich am niedrigſten in der Atmoſphäre diejenigen Theilchen, welche am wenigſten elaſtiſch ſind. Ein Theilchen, das nur etwa anderthalbmal elaſtiſcher wäre, als andere gleiche Theilchen der Luft, welche wir mit dem Oden in uns ziehen, könnte mit denen, die es hier umgeben, nicht im Gleichgewichte bleiben, es ließe ſich nicht genug zuſammendrucken, die eigene Schwere der Luft um uns zu erhalten; alſo wird es aufwärts ſteigen, wo ſich Luft ſammlet, die mehr elaſtiſch iſt, als unſere.

Bouguer vermuthet daher, daß verſchiedene Luftarten bey gleicher Wärme und Dichtigkeit dennoch verſchiedenen Widerſtand thun, d. i. verſchiedene ſpecifiſche Elaſticität beſitzen möchten. Hiebey giebt er geometriſche Möglichkeiten an, wie Schichten von mehr elaſtiſcher Luft unten und von weniger elaſtiſcher oben ſeyn könnten; aber dieſes Gleichgewicht würde durch die geringſte Bewegung geſtört werden, und ſich nicht wieder herſtellen.

In den niedrigern Gegenden der Atmoſphäre werden beſtändig Theile von verſchiedener ſpecifiſcher Elaſticität durch Winde, Wärme u. d. g. unter einander gebracht. In den höhern iſt alles in einem ruhigen Gleichgewichte. Dies giebt Bouguer mit als die Urſache an, warum ſich durch die Logarithmen die Unterſchiede der Höhen hoher Berge ſicherer finden laſſen, wenn man ſich nämlich des Barometers von Höhen, welche 600 bis 700 Toiſen betragen, bis zu 2400 oder 2500 bedient. In größern Höhen Verſuche anzuſtellen, verbot der beſtändige Schnee, wel-

cher die höchſten Berge auch in der heißen Zone bedeckt.

Man muß daher nicht, wie bisher gewöhnlich war, vom Ufer des Meeres die Höhen aufwärts ſuchen; ſondern umgekehrt, die Tiefe unter den höchſten Grenzen, wo die Intenſität der Elaſticität der Luft genau einerley iſt, und wo ſich zugleich der Stand des Queckſilbers an einem Orte weniger ändert. So läßt es ſich finden, wie viel die höchſten Europäiſchen Gebürge niedriger als die Cordilleras, und daraus, wie viel ſie höher, als die Meere, ſind.

Bouguer unterſucht nunmehr, ob ſich nicht Mittel angeben laſſen, die Anwendung der Logarithmen allgemein zu machen. Wenn man an jedem Orte, wo man Barometerbeobachtungen machen will, das Gewicht der Luft fände, die einen gegebenen Raum, z. B. Einen Cubikfuß ausfüllt, ſo ließe ſich daraus beurtheilen, wie weit das Verhältniß der Dichtigkeiten von dem Verhältniß der druckenden Kräfte unterſchieden wäre. Allein Bouguer bemerkt, es ſey für einen Reiſenden beſchwerlich, die dazu nöthigen Inſtrumente mit ſich zu führen. Er ſey daher genöthigt, auf andere leichter auszuführende Mittel zu denken.

Wenn man eine Kugel oder einen Cylinder, an einen Faden gebunden, ſchwingen läßt, ſo erhellet, daß die Schwingungen dieſes Pendels wegen des Widerſtandes der Luft nach und nach in kleinere Räume auslaufen werden. So habe ſich Newton ſolcher Pendel in unterſchiedenen flüſſigen Materien bedient, dadurch die Dichtigkeiten dieſer Materien mit einander zu vergleichen. Dieſes Mittel ſchlägt nun

Bou-

Bouguer vor, die Dichtigkeiten der Luft an verſchiedenen Stellen mit einander zu vergleichen, und erwähnt einige Verſuche, die er ſelbſt damit angeſtellt hat. So hat er mit Zuziehung der Barometerbeobachtungen an verſchiedenen Stellen, vom Pichincha herab bis ans Ufer des Meeres, ſpecifiiſche Elaſticitäten und Dichtigkeiten mit einander verglichen, und ſtellt die Reſultate davon in einer Zeichnung dar, wo die Höhen vom Ufer des Meeres als Abſciſſen angenommen, und an ſie, als Ordinaten dreyer Linien, Barometerhöhen, Dichtigkeiten, und ſpecifiſche Elaſticitäten geſetzt ſind. Die letzte wird von Quito bis zum Pichincha, eine gerade Linie, der Abſciſſenlinie parallel, weil in ſolchen großen Höhen die ſpecifiſche Elaſticität der Luft faſt ungeändert bleibt. Dieſe Reſultate giebt Bouguer ſelbſt nicht für ganz ſicher aus, weil zwiſchen manchen Erfahrungen ziemlich viel Zeit verfloſſen iſt, daher an manchen Orten die Beſchaffenheit des Bodens Unrichtigkeiten verurſacht haben kann. Sein Landsmann, de la Lande [d]), urtheilt, daß ſeine krumme Linie der Elaſticitäten die krumme Linie der Irrthümer ſey, welche bey den von Bouguer gebrauchten Meſſungen begangen worden ſind.

Tobias Mayer in Göttingen hat zwey Tafeln zu barometriſchen Höhenmeſſungen entworfen, von welchen Beckmann [e]) und genauer Käſtner [f]) redet. Der lateiniſchen Ueberſchrift zu Folge enthalten

d) Connoiſſance des mouvem. céleſt. 1765. p. 219.

e) Laxmanns ſibiriſche Briefe. Göttingen 1769. 8. Anmerk. S. 34.

f) Abhandl. von Höhenm. durch das Barometer §. 214. u. f.

ten ſie Barometerhöhen mit zugehörigen Höhen über dem Horizont des Meeres im Pariſer Maaße angegeben. Von der Art ihrer Verfertigung und den Gründen, auf welchen ſie beruhen, iſt nichts angezeigt. Sie gehen alle durch einzelne Linien der Barometerhöhen, die innerhalb ihrer Grenzen fallen. Die erſte von 28 Zoll 4 Linien und der Höhe 0 bis 15 Zoll 0 Lin., dazu die Höhe 2762 Toiſen gehört; die zweite fängt von 29 Zoll 6 Linien an, der ſie 77 Toiſen, als Tiefe oder negative Höhe, giebt; bey 28 Zoll iſt ihre Höhe = 0; und ihr letztes Glied 14 Zoll 6 Linien mit 2859 Toiſen Höhe. Die Regel, nach welcher die erſte Tafel berechnet worden iſt, beruhet, wie Käſtner aufgeſucht hat, auf dieſer Formel:

$$x = \frac{1513 . \log. (340 : 9)}{\log. (24 : 24)}$$

Nun iſt $\log. (24 : 24) = 0,1512677$

Ferner $\log. 0,1512677 = 0,1797462 - 1$

abzuziehen von $\log. 1513 = 3,1798389$

$$\log. \frac{1513}{\log. (24 : 24)} = 4,0000927$$

und die Zahl zu dieſem Logarithmen = 10002.

So müßte es ſich alſo nach Käſtnern verhalten, wenn man annehme, die Zahlen der Tafeln ſeyen in der größten Schärfe zu verſtehn. Da aber offenbar ſey, daß Kleinigkeiten bey Seite geſetzt worden ſind, ſo dürfe man wohl ſtatt der Zahl 10002 die 10000 annehmen. Nämlich der Logarithme, der als Nenner in der Formel für x ſtehe, ſey beynahe ein Zehntauſendtheil der Zahl, die im Zählen, in den veränderlichen Logarithmen, multiplicirt werde. Alſo iſt

$$x = 10000 . \log. (340 : y),$$

wo

wo y die beobachtete Barometerhöhe in Linien ausdruckt, und x eine Zahl von Toiſen andeutet.

Für y = 24 Zoll = 288 Linien iſt log. (340 : 288) = 0,0720864, alſo x = 721 Toiſen. So giebt es auch die erſte Tafel an.

Die zweyte Tafel ſetzt bey 28 Zoll 4 Linien die Höhe = − 51, eigentlich ſo viel Tiefe unter ihrem Horizont. In der erſtern aber gehören zu eben dem Barometerſtande 51 Toiſen wirkliche Höhe über ihrem Horizonte. Dies zeigt ſogleich, daß beyde Tafeln im Grunde einerley ſind, daß die zweyte Tafel Höhen über einen Horizont angiebt, der 51 Toiſen über den der erſten erhoben iſt. Bedeutet daher x in der erſten und z in der zweyten Zahlen, die zu einerley Barometerſtande gehören, ſo iſt z = x − 51.

Die erſte dieſer beyden Tafeln hatte Mayer bereits im Jahre 1751. dem Prof. Hollmannen mitgetheilt, welcher ſie zu Beſtimmung der Höhen von Clausthal und Göttingen gebraucht hat.

Uebrigens iſt Mayer's Regel gerade diejenige, welche bey der leichteſten Rechnung zugleich die richtigſten Reſultate giebt, und daher bey den neuern Verbeſſerungen dieſer Theorie durchgängig zum Grunde gelegt worden iſt.

Lambert [g]) hat in einer eigenen Abhandlung von den Barometerhöhen und ihren Veränderungen manches ſchätzbare geſagt. Er ſagt, Mariotte's Regel ſey zu früh verworfen worden; man hätte ſie nur

g) In den Abhandl. der Churbayerſ. Akad. der Wiſſenſch. B. III. Th. 2. S. 75-182.

nur verbeſſern und vollſtändiger machen ſollen. Lambert legt daher ebenfalls zum Grunde: daß ſich die Dichtigkeiten wie die druckenden Kräfte verhalten. Bey den Erfahrungen aber, nach welchen man dieſen Satz zum Gebrauche hat anwenden wollen, findet er viel zu erinnern. Die geometriſch gemeſſenen Höhen der Berge ſeyen unſicher, beſonders weil die Strahlenbrechung dabey nicht gehörig in Betrachtung gezogen worden ſey. Auch ſey hiebey die Wärme zu beabſichtigen. Mariotte ſetze die Wärme in allen Höhen beſtändig, aber ſie ſey unten größer als oben, doch gebe es noch in der Oberfläche der Luft eine Wärme. So ſey die untere Luft wegen des Ueberſchuſſes der Wärme dünner, als ſie ſeyn würde, wenn durchaus einerley Wärme wäre; im Gegentheil werde ſie durch Dünſte dichter, welche in der untern Luft verhältnißmäßig häufiger ſind, als in der obern. Hebe eines das andere auf, würde dieſe Luft, durch den Ueberſchuß der Wärme, gleich um ſo viel dünner, als ſie durch die darinn befindlichen Dünſte dichter werde, ſo könnte Mariotte's Regel vollkommen richtig bleiben. Dünſte, welche zugleich mit der Luft zuſammengepreßt würden, vermehrten dieſer Luft Elaſticität, einmahl dadurch, daß ſie einen Raum einnähmen, und ſo die Lufttheilchen noch enger zuſammenpreßten, dann, daß ſie als eine todte Laſt das Gewicht der ganzen Luft vermehrten, und ſo die untere noch enger zuſammendrukken hülfen, ohne daß ſie ſelbſt etwas beſäßen, das ſich ihm widerſetzte.

Alle dieſe Sätze erläutert und beſtätigt Lambert durch Unterſuchung und Vergleichung vieler barometriſcher Beobachtungen. Er findet daraus, Mariotte's Geſetz der Dichtigkeit treffe eigentlich nur in ſehr

ſehr großen Höhen zu, nämlich in ſolchen, wo der Barometerſtand etwa 14 Zoll und niedriger ſey. Näher bey der Erdfläche machten beſonders Dünſte und Wärme Unordnungen darinn.

Bey ſeiner Berechnung nimmt er anfänglich den Satz an, daß ſich die Dichtigkeit wie der Druck verhalte, berechnet hiernach die Höhe, und verbeſſert dieſe alsdenn. Er hatte Berge angenommen, deren Höhen geometriſch gemeſſen und auf denen auch das Barometer beobachtet worden war. Die geometriſchen Meſſungen hatte er bereits in ſeiner Schrift: les propriétés de la route de la lumière par les airs, durch die Strahlenbrechung verbeſſert. Druckte er nun die Barometerſtände in Linien aus, und zog von jedem Logarithmen den von 336, des mittleren Barometerſtandes am Meere, ab, ſo fand er, daß der jedesmalige Unterſchied der Logarithmen mit 1000 multiplicirt, und die drey niedrigſten Ziffern weggelaſſen, ziemlich genau die Höhen in Toiſen vorſtellte, aber doch bey größern Höhen merkliche Fehler gab. Beym Canigou, wo der Barometerſtand 20 Zoll $\frac{1}{2}$ Linie, die geometriſche Höhe 1424,5 Toiſen iſt, betrug der Fehler 28 Toiſen. Er ſuchte alſo die kleine nöthige Verbeſſerung und giebt folgende Formel. Die Barometerſtände am Meere in Linien ausgedruckt ſeyen α; y in einer Höhe von x Toiſen, ſo iſt

$$x = 10000 . \log . (\alpha : y) - \frac{43\,(336 - y)}{43 + (336 - y)}$$

Als ein Beyſpiel giebt er y = 300 = 25 Zoll; da iſt 10000 . log. (336 : 300) = 492,181; und die

$$\text{Verbeſſerung} = - \frac{43 \cdot 36}{43 + 36} = - 19{,}6, \text{ alſo}$$

x = 472,6 Toiſen. Er findet, daß dieſe Formel zwiſchen

ſchen verſchiedenen Beobachtungen das Mittel hält, ſchränkt ſich aber doch auf die Berge ein, für welche ſie eigentlich gemacht iſt. Er giebt eine nach ihr berechnete Tafel durch alle Linien von 27 Zoll 11 Linien bis 19 Zoll, und dann noch durch alle halbe Zoll bis 14. Dieſe Tafel iſt auf die mittlere Winterhöhe des Barometers gerichtet, nicht auf den mittleren Stand aus vielen Jahren.

Uebrigens bemerkt Lambert noch, daß hiebey noch vieles zu unterſuchen ſey.

Nach der Zeit hat Lambert noch eine Abhandlung [h]) über die Dichtigkeit der Luft geliefert, welche aber ihre Abſicht vornämlich auf die Refraction richtet. Indeſſen zeigt er doch daſelbſt, es fehle gar viel, daß die Dichtigkeiten der Luft, ſo wie die Refractionen ſie erfordern, ſich wie die Barometerſtände verhalten, giebt davon die bekannte Urſache an, daß die Dichtigkeit mit auf die Wärme ankomme, geſteht aber endlich zu, Mariotte's und Halley's Geſetz, daß ſich die Logarithmen der Barometerſtände wie die Höhen der Oerter verhalten, ſey der Wahrheit ſehr nahe.

Gregor Fontana [i]) gab im Jahre 1771 eine Schrift über die Barometerhöhe heraus, deren hieher gehörige Inhalt eigentlich folgende Aufgabe betrifft: Man hat die Barometerhöhe am Meere; die Schwere iſt veränderlich und verhält ſich verkehrt, wie eine

h) Nouveaux mém. de l'Acad. roy. de Pruſſe. an. 1772. p. 103.

i) Delle Altezze barometriche, et di alcuni inſigni paradoſſi, relativi alle medeſime, ſaggio analitico. Pavia 1771. 8.

eine Potenz der Entfernung vom Mittelpunkte, deren Exponent gegeben iſt; wie groß iſt die Barometerhöhe in einer gegebenen Stelle über dem Meere? Die allgemeine Auflöſung dieſer Aufgabe leitet auf eine Differenzialgleichung, in welcher die veränderlichen Größen vermengt ſind, und welche ſich integriren läßt. Sonſt erhellet, daß Fontana's Hauptabſicht dabey geweſen iſt, die Anwendung analytiſcher Kunſtgriffe zur Auflöſung einer ſo allgemeinen Aufgabe zu zeigen. In der Ausübung kann ſie aber nicht vorkommen, weil wir beſtändig in Stellen bleiben, wo die Schwere als unveränderlich anzuſehen iſt. Schon Newton hat eben dieſe Unterſuchung durch die Betrachtung der Hyperbel, und Roger Cotes [k]) durch die logarithmiſche Linie angeſtellt.

Eins der vorzüglichſten Werke über die Beſtimmung der Höhen durchs Barometer ſind des Herrn de Lüc Unterſuchungen über die Atmoſphäre [l]). Wie ſehr die vor der Bekanntmachung ſeiner Bemühungen bekannten Regeln der Höhenmeſſung von einander abwichen, zeigten ihm folgende daraus berechnete Reſultate.

Höhen des Caraçon

nach Mariotte's arithmetiſcher Progreſſion - - - - -	13167 Fuß
— Mariotte's eigentlichen Grundſätzen - - - - -	12049 —

nach

k) Harmonia menſurar. P. I. prop. 5. ſchol. oper. *Coteſii.* Cantabr. 1722. p. 18.

l) Recherches ſur les modifications de l'Atmoſphère. à Geneve T. I. et II. 1772. 4. Unterſuch. über die Atmoſphäre a. d. Franz. überſ. Leipz. Th. I. 1776. Th. II. 1778. 8.

nach Caſſini	- - -	16217 Fuß
— Dan. Bernoulli	- -	16903 —
— Horrebow	- - -	14344 —
— Bouguer	- - -	14359,9 —
— Halley	- - - -	14486 —
— Scheuchzer	- - -	12386 —
— Maraldi	- - -	19941 —
— Mayer	- - - -	14855 —
durch geometriſche Meſſung	- -	14820 —

Dieſe Ungewißheit gab Herrn de Lüc zu ſeinen mühſamen Unterſuchungen über das Barometer Veranlaſſung, wovon das weſentlichſte bereits oben erzählt worden iſt. Die Urſachen der bisherigen Ungewißheit fand er theils in der Unvollkommenheit der Barometer ſelbſt, theils aber in der gänzlichen Vernachläſſigung des großen Einfluſſes der Wärme, ſo wohl auf das Queckſilber, als auf die Luft.

Herr de Lüc findet aus einer großen Anzahl von Beobachtungen und Meſſungen auf dem Berge Saleve bey Genf, daß die Differenz der Logarithmen (als ganze Zahl geleſen) die Höhe in Tauſendtheilchen der Toiſe giebt, wenn die Wärme der Luft $+ 16\frac{3}{4}$ Grad des Queckſilberthermometers von 80 Graden iſt. Für dieſen Grad der Wärme iſt alſo nach de Lüc's Erfahrungen die Höhe über dem Horizont, wo der Barometerſtand 29 Zoll iſt, $= 10000 . \log. (348 : y)$, und über einem andern, wo er α Linien iſt, die Höhe $10000 . \log. (348 : \alpha)$, und folglich die Höhe zwiſchen den beyden Stellen, wo die Barometerſtände α und y Linien ſind, $= 10000 . \log. (\alpha - y)$.

Dies iſt alſo völlig diejenige Regel, nach welcher Mayer ſeine Tafel verfertigt hat. Ohne Zweifel

fel iſt in dem Jahre, da Mayer ſeine Tafel dem Prof. Hollmann mitgetheilt hat, nichts umſtändliches von de Lüc's Bemühungen bekannt geweſen. Folglich hatte Mayer ſeine Tafeln auf Vorſchriften gegründet, die de Lüc, ohne etwas von Mayer's Tafeln zu wiſſen, auch durch ſeine Erfahrungen herausgebracht hat.

Anſtatt aber eine ſo leichte Regel aus ſeiner Erfahrung abzuleiten, handelt de Lüc ſehr weitläuftig von Abtheilung der Atmoſphäre in Schichten, deren jede einer Linie Queckſilberfall zugehört. Dergleichen Schichten macht er 348, und betrachtet ſie auf zweyerley Art; einmal, als wenn in jeder die Luft durchaus ſo dicht wäre, als an der oberſten Grenze, hernach, als wenn jede durchaus ſo dichte Luft hätte, als an ihrer unterſten Grenze. Das erſtere giebt die Schicht zu groß, das andere zu klein. Für jede dieſer Vorausſetzungen nun lehrt de Lüc eine Regel, die Größe jeder Schicht anzugeben. Dieſe Schichten, nach jeder Vorausſetzung berechnet, müßte man nun zuſammen addiren, um die Höhe für einen gegebenen Barometerſtand zu finden, und fände ſolche Höhe einmal zu groß, das andremal zu klein.

Nun zeigt er ſehr weitläuftig, wie dieſe Addition der Schichten verrichtet werden müſſe. Er entſchuldigt aber dieſe Weitläuftigkeit damit, daß diejenigen, welche die Eigenſchaft der Hyperbel kennen, gleich vom Anfange geſehen haben würden, worauf es ankomme, für andere aber würde ſein Beweis, welcher mehr mit den phyſiſchen Urſachen verbunden wäre, verſtändlicher ſeyn.

Um nun aber die Berichtigung der Höhen zu finden, welche für andere Grade der Wärme, als den von

von 16¾ Grad, nöthig iſt, ordnete de Lüc ſeine Beobachtungen ſo, daß er die, wo größere Wärme, und die, wo geringere geweſen war, abſonderte, merkte ſich bey jeder Beobachtung die Wärme, und, was die Logarithmen gaben, in Fuße ausgedruckt, an. Bey jeder Station berechnete er die Summe aller Grade der Wärme über den von 16¾ Grad, und aller Höhen, welche ihm die Rechnung gab. Eben dieß that er für die Wärmegrade unter 16¾. Aus jeder dieſer beyden Rechnungen nahm er das Mittel, verglich ſolches mit dem, was die Logarithmen bey den Höhen zu viel oder zu wenig gaben, und ſo fand er, für jeden Grad der Wärme über oder unter dem angezeigten, wie viel Fuß man zu der berechneten Höhe addiren oder davon abziehen müſſe.

Hievon giebt er folgendes Beyſpiel. Eine ſeiner Stationen war 2582 Fuß über die gemeinſchaftliche Grundlinie erhoben. Bey ihr hatte er zu verſchiedenen Zeiten 17 Beobachtungen angeſtellt. Darunter war bey achten das Thermometer niedriger, als der angezeigte Grad 16¾; dieſe acht Thermometerſtände unter 16¾ Grad als negativ angeſehen, hatten zur Summe − 33⅓. Bey den neun übrigen Beobachtungen gaben die poſitiven Thermometerſtände zur Summe + 31⅚. Das Mittel hieraus fand er alſo − 4⅙ und + 3½. Die Höhe ward durch die Logarithmen aus jeder der erſten acht Beobachtungen berechnet, und die Zahlen dieſer Rechnungen machten zuſammen 21037 Fuß. Dieſe Summe auch mit 8 dividirt giebt das Mittel dieſer berechneten Höhen 2630. Die Höhen aus den letzten neun Beobachtungen berechnet gaben zur Summe 22875; das Mittel aus ihnen 2542. Wenn man nun jedes dieſer Mittel aus berechneten Höhen

Höhen mit der geometriſch gemeſſenen vergleicht, ſo findet ſich folgendes:

— $4\frac{1}{6}$ Grad geben 48 Fuß zu viel
+ $3\frac{1}{2}$ — — 40 — zu wenig

$7\frac{2}{3}$ Grad U. der Wärme geb. 88 Fuß U. der Höhen, mithin giebt 1 Grad Unterſchied der Wärme ohngefähr $11\frac{1}{2}$ Fuß Unterſchied der Höhe.

Auf dieſe Art berechnete de Lüc alle ſeine Beobachtungen bey allen ſeinen Stationen, fand aber nicht überall Einförmigkeit zwiſchen Verminderung und Vermehrung der Wärme. Weil er aber weder dieſen Irrthum, noch deſſelben Urſache kannte, ſo machte er ſich eine Tafel, wie viel Fuß für jeden Wärmegrad müßten geändert werden, und verbeſſerte darnach ſeine berechneten Höhen. Nun ordnete er ſeine Beobachtungen von neuem nach der Witterung, und nach der Zeit. Und da fand ſich, daß alle, die um die Zeit des Aufganges der Sonne gemacht waren, obgleich wie die übrigen berechnet, allemal dem Orte der Beobachtung weniger Höhe gaben. Durch Vergleichung ſeiner Erfahrungen verſicherte er ſich, die Wärme ſey am kleinſten beym Aufgange der Sonne, am größten, wenn $\frac{3}{4}$ der Zeit vorbey ſind, da die Sonne über dem Horizonte iſt, und ihre mittlere Größe falle in den fünften Theil dieſer Zeit, oder kurz vor Untergang der Sonne. Die Urſache dieſer Erfahrung ſcheint ihm der Oſtwind zu ſeyn, welcher ſich oft kurz vor Aufgang der Sonne erhebt, wenn zuvor die Luft ganz ſtill war. Er glaubt, wenn ſo bewegte Luft an ruhende ſtoße, ſo werde die Luft der Ebene auf die Berge gehoben, dergeſtalt, daß daſelbſt das Barometer höher ſtehe, als es der Wärme gemäß ſtehen ſollte; ſo werde ſein Unterſchied vom Barometerſtande in der Ebene kleiner, als er ſeyn ſollte,

te, und die Rechnung giebt ſolchergeſtalt die Höhe zu klein. Uebrigens hält er es nicht für unmöglich, daß die erwähnte Ausnahme, wegen der Beobachtungen beym Aufgange der Sonne, manchmal wegfallen könnte, wovon vielleicht die Urſache in der beſondern Lage der Oerter zu ſuchen wäre.

Da de Lüc kein Geſetz, nach welchem dieſe Ausnahme ſich richtete, entdecken konnte, ſo ſetzte er dieſe Beobachtungen alle bey Seite. Sie fanden ſich alle bey negativen Graden der Wärme, und ſo mußte er, nach ihrer Weglaſſung, auch die Rechnungen ändern. Von den acht Beobachtungen des angeführten Beyſpiels war eine bey Ausgang der Sonne gemacht: die Wärme — $5\frac{1}{6}$, die Höhe, die ſie gab, 2600. Er ließ ſie weg, ſo kam für die übrigen ſieben mittlere Wärme — 4; mittlere Höhe 2634. Und nun folgte aus dieſen ſieben mit den übrigen neun zuſammen, daß Ein Grad Wärme weniger, dreyzehn Fuß Höhe mehr giebt. Durch dieſe Weglaſſung erhielt er ſo viel Einförmigkeit, daß die Verbeſſerungen der Höhen für Grade über dem beſtimmten Punkte um eben ſo viel größer waren, als für Grade darunter. Nun ſuchte er für jede ſeiner Stationen das Verhältniß zwiſchen der Höhe des Orts und der mittleren Zahl von Fußen, die man, für einen Grad des Thermometers, um den beſtimmten Punkt herum, addiren, oder ſubtrahiren mußte; imgleichen nach welchem Geſetze ſich dieſe Verhältniſſe änderten, wenn man ſich auf eine oder die andere Seite von dieſem beſtimmten Punkte entfernte. Nach Vollendung dieſer Arbeiten fand er ſo viel Uebereinſtimmung zwiſchen den Verhältniſſen, die er bey jeder Station gefunden hatte, und ſo wenig Ordnung bey ihren kleinen Unterſchieden, daß ihm einfiel, alle die

Brüche, welche die Verhältniſſe ausdruckten, zu combiniren. Dieß zeigte ihm: um den beſtimmten Punkt herum verhalte ſich die Verbeſſerung der Höhe für einen Grad des Thermometers wie 1:215. Und überhaupt ſagt er: die Verbeſſerung für einen Grad des Thermometers, + oder −, ſey zu der Höhe, welche die Logarithmen geben, wie 1:215.

Dieſer etwas dunkle Ausdruck bedeutet ſo viel: das Thermometer ſtehe n Grade über ſeinem o; die Höhe, welche man aus den Logarithmen findet, ſey β, ſo iſt die Verbeſſerung $= \frac{n}{215}\,\beta$, und die verbeſſerte Höhe $= \beta . \left(1 + \frac{1}{215} . n\right) = 10000 . \left(1 + \frac{n}{215}\right) . \log. (\alpha ; y)$.

De Lüc aber fürchtet ſich vor den Zahlen 215 und $16\frac{3}{4}$; daher macht er eine neue Thermometerſkale, welche beym Siedpunkte + 147, beym Eispunkte − 39, und bey $16\frac{3}{4}$ nach Reaumür Null hat. Weil ſo zwiſchen Sied- und Eispunkte 186 Grade enthalten ſind, ſo macht 1 Reaumür. Grad $\frac{186}{80}$ de Lücſche, und, wenn darauf $\frac{1}{215}$ Aenderung kommt, ſo kommt auf 1 Grad nach de Lüc $\frac{80}{215 . 186} = \frac{1}{500}$ Aenderung. Es ſey nun der Grad, den das Thermometer an dieſer Stelle zeigt, $= \lambda$, ſo iſt die hinzuzuſetzende Berichtigung $= \frac{\lambda}{500}\,\beta = \frac{2\lambda}{1000}\,\beta$, und die verbeſſerte Höhe $= \beta \pm \beta . \frac{2\lambda}{1000}$.

Allen dieſen Bemühungen ungeachtet giebt es doch noch beſondere Umſtände eines Orts, welche die daraus gemachten Folgen abändern. So führt de Lüc einen Berg bey Genf zum Beyſpiel an, welchen die Sonne vom Mittage bis zum Untergange beſcheint, und ſo ſtark erhitzt, daß man noch früh vor Aufgange der Sonne Wärme daran bemerkt. Dieſer erhitzte Berg theilt alſo ſeine Wärme der benachbarten Luft mit, welche ſich dadurch ausbreitet, und ſpecifiſch leichter iſt, als ſie anderswo in eben der horizontalen Schicht iſt; ſo ſteht das Barometer am Fuße des Berges niedriger, als anderswo in eben dem Horizonte. Dieſen Gedanken hat ſich de Lüc dadurch beſtätigt: wenn er Höhen an dieſem Berge mit dem Barometer Nachmittags maß, ſo fand er ſie allemal zu groß; hatte aber Regen oder Wind den Berg abgekühlt, ſo fanden ſich die Höhen richtig.

De Lüc erzählt umſtändlich eine Menge Beobachtungen, die er angeſtellt hat, und die er mit ſeinen Vorſchriften, die größtentheils daraus hergeleitet und dadurch berichtigt ſind, vergleicht. Sein dabey etwas zuſammengeſetztes Verfahren iſt dieſes. Außer dem Barometer, das nach ſeiner Art eingerichtet iſt, braucht er wenigſtens noch zwey Thermometer; das eine befindet ſich am Barometer und dient, zu zeigen, wie viel zu dem Stande, den das Queckſilber im Barometer hat, addirt, oder davon abgezogen werden muß, um den Stand zu bekommen, welchen dieſes Queckſilber haben würde, wenn dieß Thermometer bey o ſtünde. Braucht de Lüc zwey Barometer, eines an der einen Grenze der Höhe, die er meſſen will, das andere an der andern, ſo iſt bey jedem ein ſolches Thermometer. Das zweyte Thermometer iſt vom Barometer abgeſondert, und giebt die

Tem-

Temperatur der Luft an. Auch braucht de Lüc dergleichen Thermometer gern zwey, eins an jeder Grenze der Höhe. Nun beobachtet er jeden Barometerſtand; verbeſſert ihn nach dem erſten Thermometer und aus den ſo verbeſſerten Barometerſtänden berechnet er die Höhe. Dieſe Höhe verbeſſert er nach dem zweyten Thermometer.

Im §. 650 u. f. zieht de Lüc allgemeine Folgen aus den Beobachtungen, die an der Fläche des Meeres angeſtellt worden. Er meldet, Caſſini, Mariotte, Scheuchzer, und viele Andere hätten entſchieden, man müſſe am Ufer des Meeres 60 bis 64 Fuß hoch ſteigen, wenn das Queckſilber eine Linie fallen ſolle, aber ſeine Erfahrungen, für deren Genauigkeit er ſtehen könne, zeigten, daß ſolches 80 Fuß betrage. Dieſe Größe aber ſey nach der Wärme der Luft und dem veränderlichen Gewichte der obern Säule veränderlich, ſowohl am Meere, als anderswo. Am Ufer des nordiſchen Meeres, wo die franzöſiſchen Mathematiker beobachteten, welche den Meridiangrad in Lappland maaßen, bey einer Kälte von — 37 der Skale 80, und 29 Zoll Barometerſtande, gehörten 56 Fuß hoch Luft zu einer Linie Queckſilber. In Senegal, bey + 39 Graden des Reaumür'ſchen Thermometers, und 28 Zoll Barometerhöhe waren von dieſer ſo verdünnten Luft 85 Fuß mit einer Linie Queckſilber im Gleichgewichte. So, ſagt de Lüc, haben Mariotte und Scheuchzer der Erfahrung nicht genug gethan, weil ſie dieſe Höhe zu gering annahmen; Maraldi, Caſſini, Bernoulli, ſetzten keinen Verdacht in die Beobachtungen am Ufer des Meeres, und weil ſie doch fanden, daß andere Erfahrungen nicht recht damit übereinſtimmten, glaubten ſie, man müſſe das Geſetz der Dichtigkeit der Luft etwas ändern. Da de

Lüc ſeine Formeln, am Meere und auf den Alpen bis 1560 Toiſen über dem Meere, mit der Erfahrung übereinſtimmend gefunden hat, ſo glaubt er, könne man ein Vertrauen in ſie ſetzen, und ſie wenigſtens künftig durch genauere Beobachtungen berichtigen.

Schwierigkeiten, welche bey der Höhenmeſſung mittelſt des Barometers ſtatt finden, giebt De Lüc im §. 656. u. f. folgende an:

1. Aller Verbeſſerungen ungeachtet, die er beym Barometer gemacht hat, findet ſich doch bey einigen, die ſonſt übereinſtimmen, zuweilen ein Unterſchied von $\frac{1}{16}$ oder gar $\frac{1}{8}$ einer Linie. Er glaubt, dieß rühre größtentheils von den Unvollkommenheiten der Röhre her, auch wohl von verſchiedener Beſchaffenheit des Queckſilbers.

2. Der Einfluß der Wärme auf die Dichtigkeit der Luft. De Lüc hat dieſe Wärme oft unten und oben beobachtet; aber wie nimmt ſie nun zwiſchen beyden Stellen ab? De Lüc ſetzt, leichterer Rechnung wegen, zum voraus, es geſchehe in einer arithmetiſchen Progreſſion.

3. Wenn die Wärme zunimmt, und die Luft an einem Orte ſich auszubreiten ſtrebt, ſo kann ſie nicht ſogleich die benachbarte Luft forttreiben; während der dazu nöthigen Zeit iſt ſie dichter, als ſie, der Wärme gemäß, ſeyn ſollte. Das Gegentheil geſchieht auch, wenn die Wärme abnimmt; und ſo nimmt die Luft ſelten den Raum ein, den ſie nach den allgemeinen Regeln einnehmen ſollte, die aus den Beobachtungen zuſammengenommen gezogen ſind. Bis ohngefähr 200 Fuß über dem Boden, wie groß auch deſſen Erhöhung ſeyn mag, ſind die Wirkungen der Wärme auf

auf die Luft gewöhnlich viel größer, als ſeine Regel ſie angiebt. Dieß ſchreibt er den Dünſten zu, auf welche die Wärme ſtärker wirkt, als auf reine Luft; er kann aber davon keine Regeln geben. Endlich weiß man noch nicht recht, wie ſich bey einerley Aenderung der Wärme die Aenderungen der Dichtigkeiten der Luft und des Queckſilbers verhalten. Und daher iſt de Lüc ſelbſt von der Vorſchrift, die er zur Verbeſſerung der Höhen gegeben hat, nicht ganz verſichert. Daß das Barometer ſeinen Stand an ein und demſelben Orte ändert, iſt unſtreitig auch eine der beträchtlichſten Schwierigkeiten. Von dieſen Aenderungen handelt de Lüc §. 665–739.

Vorſchriften, welche nunmehr de Lüc giebt, um Fehler zu vermeiden, die aus den angezeigten Urſachen entſtehen können, ſind dieſe:

1. An jede Grenze der Höhe, die man meſſen will, ein Barometer zu ſtellen, jedes einige Stunden lang jede Viertelſtunde einmal zu beobachten, und aus allen das Mittel zu nehmen. Dieſe Vorſchrift, die ſehr oft ſchon allein zulänglich iſt, gründet ſich darauf, daß die meiſten Urſachen der Ausnahmen von den allgemeinen Regeln ſich in kurzen Zeiten immer ändern.

2. Kann man ſich nicht ſo lange aufhalten, ſo ſoll man in der mittleren Wärme des Morgens beobachten, welche in die Zeit fällt, da von dem Aufenthalte der Sonne über dem Horizonte ohngefähr der fünfte Theil vorbey iſt.

3. Bemerkungen der Umſtände des Orts, der Dünſte u. ſ. w. können dienen, Beobachtungen übereinſtimmend zu machen, die etwa ſtreitend ſcheinen,

 auch

auch wohl eine allgemeine Regel zu Verbeſſerung dieſer kleinen Fehler zu finden.

Ueber Bouguer's Vorſchriften ſtellt de Lüc §. 764 f. Unterſuchungen an. Deſſen Meynung, daß manche Luft andere Elaſticität beſitze, als andere, iſt nach de Lüc's Gedanken wider die Erfahrung, man wüßte alsdenn nichts von der wirklichen und lokalen Dichtigkeit der Luft. Herr de Lüc bemerkt, daß Bouguer's Barometer nicht durchs Feuer von der Luft gereinigt worden, und daß es aus einem Rohre in einem Gefäße mit Queckſilber beſtanden habe. Aus beyden Urſachen mußte es daher unter gleichen Umſtänden niedriger ſtehen, als das des Herrn de Lüc. Wenn daher ein Paar Barometerſtände von Bouguer eben ſo viel unterſchieden waren, als ein Paar von de Lüc, ſo gehörten die erſtern zu kürzern Queckſilberſäulen und der Unterſchied der Logarithmen dieſer Säulen mußte größer ſeyn, als der Unterſchied der Logarithmen der längern Queckſilberſäulen, die Herrn de Lüc's Barometer gehabt hatte. Auch hat Bouguer den Einfluß der Wärme nicht in Betrachtung gezogen.

De Lüc ſucht aber zu zeigen, daß bey den beſondern Umſtänden, unter welchen Bouguer beobachtet hat, die Fehler, die er eigentlich begieng, einander aufheben, und ſeine Vorſchriften doch mit ſeiner Erfahrung übereintreffen können. Wenn de Lüc's Thermometer — $16\frac{2}{3}$ iſt, ſo zieht er von der Höhe, die ihm der Unterſchied der Logarithmen giebt, $\frac{1}{30}$ ab; das iſt ſo viel, als berechnete er die Höhe nach Bouguer's Regel. Und man kann ſehr wahrſcheinlich annehmen, dies ſey die mittlere Temperatur der Luft geweſen, in der Bouguer beobachtet habe. Seine und anderer Reiſenden Nachrichten ſtimmen darin überein:

ein: in der mittleren Höhe der Cordeliere ſey immerwährender Frühling.

Auch wie de la Condamine's und Godin's Erfahrungen mit Bouguer's Regel übereinſtimmen können, ſucht de Lüc zu erklären.

Noch ſtellt er Betrachtungen über de la Caille's barometriſche Abmeſſungen auf dem Vorgebürge der guten Hofnung an.

Auch lehrt de Lüc im §. 786 u. f., wie man die eigene Schwere der Luft zu einer gewiſſen Zeit ſicher finden könne. Er hat im vorhergehenden, da er ſich mit ſeinen Schichten beſchäftigte, gefunden: bey einer gewiſſen Temperatur der Luft müſſe man 26094 durch die Zahl der Linien des Barometerſtandes dividiren, ſo komme heraus, wie viel Fuß die Luftſäule hoch ſey, die an ſelbigem Orte, zur ſelbigen Zeit und mit dieſer Wärme, mit einer Linie Queckſilber im Gleichgewichte ſey. Man ſoll alſo einen Barometerſtand beobachten, nach ſeinem erſten Thermometer verbeſſern, und nun dividiren. Iſt die Temperatur die gehörige, ſo giebt der Quotient das Geſuchte; iſt ſie anders, ſo muß man wieder dieſen Quotienten verbeſſern.

Als ein Exempel ſetzt er: man finde einen Barometerſtand $324\frac{5}{16}$ Lin. Das erſte Thermometer am Barometer ſey + 5, das zweyte, das im Freyen die Temperatur der Luft anzeigt, — $15\frac{3}{4}$. Wegen des erſten Thermometers zieht er $\frac{5}{16}$ Lin. ab, ſo iſt der Barometerſtand eigentlich 324 Lin. = 27 Zoll. Und nun

$$\frac{26094}{324} = 80 \text{ Fuß } 6 \text{ Zoll } 5 \text{ Lin.} = 11597 \text{ Linien.}$$

Wegen des zweyten Thermometers zieht er hievon

1,1597 . 2 . (15 + ¾) ab, ſo bekommt er für die Höhe der Luftſäule, die einer Linie Queckſilber zugehört, 11232 Lin. Und ſo, ſetzt er, würden ſich die Dichtigkeiten der Luft und des Queckſilbers verhalten wie 1 : 11232; dies gäbe Luft : Waſſer = 1 : 802. Herr de Lüc erinnert, ſein Verfahren gebe die eigene Schwere der Luft ein wenig zu klein, und thut Vorſchläge, dieſen geringen Fehler zu verbeſſern.

Was die Höhe der Atmoſphäre betrifft, ſo bemerkt der Herr von Mairan m), daß die beyden bekannten Methoden, ſie durch die Zeitdauer der Dämmerung, und mit Hülfe des Barometers zu finden, bey weitem unzuverläſſig ſey. Die Erſcheinungen, welche das Nordlicht gewährt, und wovon unten weiter gehandelt werden ſoll, haben den Herrn von Mairan veranlaßt, zu glauben, daß die Höhe der Erdatmoſphäre zwiſchen 200 und 300 franzöſiſche Meilen falle.

Herr de Lüc nimmt in ſeinen Unterſuchungen über die Atmoſphäre §. 794. zwar an, die Luft verdünne ſich immer in dem Verhältniſſe, wie der Druck abnimmt, in welchem Falle ſie bis ins unendliche gehen würde, er ſchlägt aber vor, das Ende der Atmoſphäre dahin zu ſetzen, wo die Luft nur noch wenig Queckſilber, z. B. noch eine Linie erhalten könne. Für dieſe Stelle wäre bey der Temperatur von 16¾ Grad die Höhe = 25105,45 Toiſen oder 12½ franzöſiſche Meilen. Hier wäre die Luft 324 mahl dünner als unten, und Herr de Lüc erinnert noch, daß unſere guten Luftpumpen die Luft ſo ſtark verdünnten. Es iſt aber gar kein Zweifel, daß ſie noch weit dünner werden könne, und Herr de Lüc ſelbſt ſchätzt end-

m) Traité de l'aurore boréale. an. 1731. 8. ſect. II.

endlich die Höhe der Atmoſphäre auf 17½ franzöſiſche Meilen.

Die Erdkugel, als Planet betrachtet.

Da unſere Erde in ihrer jährlichen Bewegung um die Sonne gegen dieſelbe in verſchiedene Lagen kommt, ſo folgt ſchon von ſelbſt, daß die Einwirkung der Sonne auf die verſchiedenen Erdſtriche verſchieden ſeyn müſſe. Unterſuchungen hierüber hatten zuerſt Halley und der Herr von Mairan angeſtellt. Nächſtdem haben Simpſon [n]), Käſtner [o]) und Euler [p]) über die Größe der Wirkung der Sonne auf die verſchiedenen Erſtriche mathematiſche Betrachtungen angeſtellt.

Daß es aber hiebey nicht allein auf die Sonnenwärme ankomme, hatte die Erfahrung ſchon hinreichend gelehrt. Ja man erkannte, daß ſelbſt die Sonnenwärme durch die Beſchaffenheit der Erdmaſſe und ihrer Atmoſphäre verſchieden modificirt werde. So macht Pet. Wargertin [q]) folgende Bemerkungen über den Unterſchied des Klima. Unſere Erde und Luft ſeyen bey dem langen Winter ſo abgekühlt, daß die Sonne in den vier erſten Monaten, da ſie zu ſteigen anfange, kaum den Ueberſchuß der Kälte zu überwinden vermögend ſey. Im März ſey oft noch völliger Winter, und doch ſtehe die Sonne da ſo hoch, als im September, folglich ſollte die Witterung da eben

n) Treatiſe of fluxions. p. 182. ſq.

o) Hamburg. Magazin B. II. S. 426. und bey Lulof's Einleitung zur Kenntniß der Erdkugel. Anm. S. 97. u. f.

p) Comment. Acad. Petrop. Tom. XI.

q) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. Jahr 1757. der Ueberſetz. S. 159. ff.

eben ſo gelinde ſeyn. Deswegen ereigne ſich die größte Wärme auch nicht um den Sommerſtand, ſondern gemeiniglich vier bis ſechs Wochen hernach, da die Sonne wirklich ſchon tiefer ſey. Aus eben dieſer Urſache falle die größte Wärme jeden Tages nicht in die Mittagsſtunde, ſondern in die zweyte oder dritte nach Mittag. Die Kälte, welche vom Winter und der Nacht rückſtändig ſey, verurſache, daß die Sommer- und Mittagswärme in den Erdſtrichen, welche vom Aequator entlegen ſind, nicht ſo groß werde, als ſie ſonſt in Betrachtung der Höhe und der Wirkung der Sonne werden könnte.

Eine andere, auch allgemeine, Urſache trage ebenfalls etwas dazu bey. Die Atmoſphäre, welche unſere Erde einige Meilen hoch umgebe, ſey voller Theilchen und Dünſte, welche etwas von den Sonnenſtrahlen auffiengen, ehe ſie unſere Erde erreichten. Diejenigen Strahlen, welche ſenkrecht auf unſere Erde fielen, hätten den kürzeſten Weg, und daher giengen von ihnen die meiſten durch. Schiefere aber giengen durch einen längern Weg, ſo daß mehrere von ihnen in der Luft zerſtreuet würden. Sey die Luftkugel ſieben Meilen hoch, ſo hätten die lothrechten Strahlen nur dieſe ſieben Meilen zu durchlaufen, aber wenn die Sonne im Horizonte ſtehe, müßten ſie ein und neunzig und eine halbe, oder dreyzehn mahl ſo viel Meilen in der Luft durchlaufen, um in unſer Auge zu kommen. Deßwegen ſey auch der Glanz am Horizonte ſo matt, daß man die Sonne mit bloßen Augen, oder durch ein Fernrohr, ohne Beſchwerlichkeit betrachten könne, welches das Auge nicht vertrage, nachdem ſie einige Höhe erreicht habe. Wie viel Unterſchied dieſes in der Wärme verurſache, zeige

auch

auch das Brennglas, das bey hoher Sonne feuerfangende Sachen in einem Augenblicke entzünde, aber bey niedriger ſolches langſam, oder gar nicht bewerkſtellige. Daher wirke die Sonne im Winter ſo wenig auf unſere Luft, ob ſie gleich der Erde alsdenn näher ſey, und alle Erdſtriche, welche außer den Wendekreiſen lägen, ſeyen in Vergleichung mit demjenigen, wo Tag und Nacht gleich ſeyn, viel kälter, als ſie in Rückſicht der Sonnenhöhe ſeyn ſollten, und dieſes deſto mehr, je näher ſie den Polen lägen. Unter den Polen ſelbſt ſey die Sonne ſechs Monate nach einander beſtändig über dem Horizonte, aber nie höher, als bis 24 Grade, daher werde auch die daſige Wärme, ſelbſt beym Sommerſtande, gering genug ſeyn.

Hier ſey nur erwähnt, daß die Sonne uns, die wir die nördliche Hälfte der Erdkugel bewohnten, im Winter näher ſey, als im Sommer. Die Erde befinde ſich im December in der Sonnennähe, da ihr die Sonne wirklich um den dreyßigſten Theil größer ſcheine, und alſo um den dreyßigſten Theil, oder ungefähr 383300 Meilen näher ſey, als im Junius. Dieſes mache uns die Winter wärmer, und die Sommer kühler, als den Bewohnern der andern Hälfte der Erdkugel. Zwar werde die geringere Sommerwärme bey uns zum Theil dadurch erſetzt, daß ſich die Sonne jährlich ungefähr acht Tage länger bey uns, als bey den Südländern, aufhalte; aber doch zeigten die Beobachtungen, daß die ſüdlichen Erdſtriche im Sommer heißer, und im Winter kälter wären, als die ähnlichen auf des Aequators nördlicher Seite.

Das ſeyen die vornehmſten allgemeinen Urſachen, warum Kälte und Wärme auf den verſchiedenen Erdſtrichen ungleich ſind. Allerley zufällige Umſtände, die

von jedes Ortes Lage und Beſchaffenheit herrührten, trügen auch ſehr viel dazu bey. Einige hievon ſind dieſe.

An einigen Orten iſt die Luft reiner, und öfter heiterer, als anderswo. Daſelbſt äußert die Sonne den ganzen Tag über größere Wirkungen, aber die Nächte ſind kühler, und umgekehrt. Die Vorſicht hat es ſo weislich geordnet, daß in den meiſten Ländern, die unter dem Aequator und nächſt demſelben liegen, einige Monate nach einander faſt beſtändig trübes Wetter und Regen iſt, wenn die Sonne am höchſten ſteht, die ihnen ſonſt die Hitze unerträglich machen würde; dieſe Zeit nennten ſie ihren Herbſt oder Winter. Ihr Sommer, und ihre ſchönſte Jahreszeit fällt in den Sonnenſtand, da die Sonne ihnen am niedrigſten iſt.

Nachdem ein Ort hoch, oder in einer niedrigen Ebene liegt, ereignet ſich auch ein merklicher Unterſchied des Klima. Unſere Empfindung von mehr oder weniger Wärme entſteht vornehmlich von einer mehr oder weniger erwärmten Luft. Je höher nun die Luft ſteht, deſto zarter, dünner und leichter iſt ſie; ſie kann alſo nicht ſo viel Wärme annehmen und behalten, oder unſere Empfindung ſo ſtark rühren, als die niedrigere, dichtere und ſchwerere Luft; deßwegen iſt auch bey gleicher Sonnenhöhe die höhere Luft unſerer Empfindung nach gemeiniglich nicht ſo warm. Daher rührt es zum Theil, daß der Schnee auf hohen Bergen nie ſchmilzt, wozu denn auch das etwas beyträgt, daß die Berge ihn vor der Sonne beſchatten, und den größten Theil des Tages die Sonne hindern, die Thäler zu erwärmen. Die Landſchaft Quito in Peru hat ein gemäßigtes Klima, obgleich der Aequator durch ſie ſtreicht, weil das Land ſelbſt 1600 Klafter höher

liegt, als das Meer, und ſich zwiſchen zwey Gebür-gen befindet, die von Süden nach Norden mit ein-ander parallel gehen, faſt an den Himmel reichen, und mit beſtändigem Schnee bedeckt ſind. Savoyen und die Schweiz haben einerley geographiſches Klima mit Frankreichs ſüdlichen Theilen, aber ein ſehr verſchie-denes phyſiſches.

Noch eine größere Veränderung des Klima macht es, ob ein Land an der See, oder tief in dem feſten Erdreiche liegt. In dem Seewaſſer bleibt das ganze Jahr durch faſt einerley Wärme, weil die Sonne nicht weit in die Tiefe wirkt, das an der Oberfläche, welches zu manchen Jahreszeiten warm und zu andern kalt wird, vermengt ſich bald durch die Bewegung der Wellen mit dem übrigen. Das Meer iſt im Som-mer kälter, im Winter wärmer, als die Luft, und theilt allezeit der Luft, welche über ihm ſteht, etwas von ſeiner Beſchaffenheit mit, die Winde führen die-ſe Luft über das Land, und ſo werden die Sommer kühler, und die Winter gelinder, als ſie ſonſt ſeyn würden. Was verurſacht Englands gelinde Winter ſonſt, als die Wärme der umliegenden See? Die größte Winterkälte in Schweden fällt gemeiniglich mit Nordweſtwinde ein, aber bey eben dem Winde thauet es gemeiniglich in Norwegen. Die Urſache einer ſo verſchiedenen Wirkung bey Ländern, die ſo nahe an einander grenzen, iſt ohne Zweifel die, daß der Nord-weſtwind nach Norwegen von der See, nach Schwe-den aber von den Gebürgen kommt. Eben deßwegen fällt in Wardhus und um das Nordcap die größte Käl-te gemeiniglich mit Südwinde ein. Daß der Südwind in Schweden mehrentheils gelinde Witterung bringt, und ſein Klima nicht ſo rauh iſt, als in andern

Län-

Ländern, die eben ſo weit gegen Norden liegen, ſcheint nur von den Meeren herzurühren, die nach Oſten, Süden und Südweſten ſich befinden.

Länder, die weit von der See liegen, mit Bergen, Wäldern, Moräſten und jährlich zufrierenden inländiſchen Seen umgeben ſind, welche weit in den Sommer hinein Schnee, Eis und Kälte behalten, müſſen nothwendig ſtärkere Empfindung der Kälte hervorbringen. Rußland, Siberien und die große Tartarey befinden ſich in dergleichen Umſtänden, daher auch ihr Klima viel kälter iſt, als das der europäiſchen Länder, welche mit ihnen zwiſchen eben den Parallelen liegen. In Stockholm und Upſal iſt die Kälte von 1749 bis 1757 nur einen einzigen Tag, nämlich den 10ten März alten Kalend. 1751, auf 31 Grade unter dem Eispunkte nach dem ſchwediſchen Thermometer gekommen; ſonſt hat ſie ſelten 25 Grade erreicht; aber zu Petersburg, welches mit Upſal faſt einerley Polhöhe hat, ſind 30 Grad Kälte nicht ſo ungewöhnlich, und die Kälte hat in den erſten Tagen des Jahres 1749 $37\frac{1}{2}$ Grad erreicht, welche Kälte doch noch nicht mit der ſiberiſchen zu vergleichen iſt. Herr de l'Isle hat in den Abhandl. der franzöſ. Akademie der Wiſſenſch. 1749 ſichere Beobachtungen angeführt, daß die Kälte in der Stadt Tomſkoi in Siberien, welche nicht viel nördlicher liegt, als Schonen, 1735 bis 67 Grad gelangt iſt. In einem andern Orte, unter gleicher Polhöhe, Kirenga, gieng die Kälte 1732 und 1738 bis 81 Grad. Ja in der Stadt Jeniſeiſk, welche einen Grad ſüdlicher, als Stockholm, liegt, ſoll die Kälte den 16ten Jan. 1735 bis $87\frac{1}{2}$ Grad unter dem Eispunkte nach dem ſchwed. Thermometer gekommen ſeyn. Eine unerhörte und

faſt

faſt unglaubliche Kälte, ſo daß es unbegreiflich ſcheint, wie Menſchen und Thiere ſie aushalten können! Zu Torne, faſt unter dem Polarkreiſe, iſt die Kälte, ſo viel man beobachtet hat, nicht weiter, als 46 Grad, gekommen. Die größte Kälte, die man ſeit 60 Jahren in Paris beobachtet hat, betrug 1709 kaum 20 Grad; aber in Aſtracan, einer Rußiſchen Stadt, die noch etwas ſüdlicher liegt, als Paris, iſt die Kälte 1746 30½ Grad gefunden worden; und 1743 in der Hauptſtadt von Canada, Quebec, 41 Grad, obgleich dieſe Stadt faſt 2 Grade, oder 20 ſchwediſche Meilen näher beym Aequator liegt, als Paris. Ein ſolcher großer Unterſchied der Kälte in einerley geographiſchem Klima muß von vorerwähnten und mehr dergleichen Umſtänden herrühren, zu welchen man noch einen, nämlich die verſchiedene Beſchaffenheit des Erdreichs, ſetzen kann, weil die Erfahrung uns lehrt, daß nicht alle Materien gleich viel Wärme annehmen, und die angenommene Wärme gleich lange behalten.

Auch ſcheint es nicht ungereimt, daß ſich einerley Klima in Abſicht auf die Wärme und Kälte ändern könne. Da Schweden mehr mit Waldungen überwachſen, und mit Sümpfen und Moräſten angefüllt war, als jetzt, iſt vielleicht das Klima rauher geweſen, und möchte wohl noch mit der Zeit gelinder werden, wenn das Land mehr angebauet wird.

Dies überzeuge uns, ſagt Wargertin, daß man die Beſchaffenheit des Klima's nicht lediglich aus der Lage des Landes nach Norden und Süden beurtheilen dürfe; auch daß bey einer ſolchen Frage ſo viele Urſachen und Umſtände zuſammenkommen, daß ſie ſich nicht wohl aus bloßen theoretiſchen Gründen auf-

löſen laſſe, ſondern daß nur Erfahrungen und Beobachtungen den eigentlichen Unterſchied zwiſchen dem Klima dieſes oder jenes Landes, in Abſicht auf die Wärme und Kälte, zeigen müſſen. Beobachtungen, aus welchen man etwas Zuverläſſiges ſchließen ſoll, müßten mit richtigen Thermometern angeſtellt werden, und es iſt nicht genug, daß ſie nur dann und wann, oder ein und das andere Jahr vorgenommen werden, ſondern man muß den Stand des Thermometers täglich zu gewiſſen Stunden aufzeichnen, und damit viele Jahre nach einander mit dem größten Fleiße aufs genaueſte fortfahren. Denn Kälte und Wärme ſind in einerley Lande nicht alle Jahre einerley, ſondern aus mehreren Urſachen etwas veränderlich. Aber ein arithmetiſches Mittel zeigt die mittlere Wärme der Luft für jede Jahreszeit. Das Klima verſchiedener Oerter läßt ſich zuverläſſig vergleichen, wenn man eine Sammlung täglicher Beobachtungen von mehreren Jahren hat, wo der Thermometerſtand in freyer Luft an jedem Orte angegeben iſt.

Aus einem oder dem andern ſehr warmen oder ſehr kalten Tage im Jahre läßt ſich auf die Wärme oder Kälte des Klima's nicht ſchließen; denn in einem ſonſt kalten Sommer fällt oft ein und der andere heiße Tag ein, und umgekehrt. Das rechte Verhältniß bemerkt man am beſten, wenn man das Mittel aus der Wärme und Kälte einiger Jahre nimmt.

Aus allen dieſen Bemerkungen ſchließt daher Wargertin ganz richtig, daß man das geographiſche Klima, welches blos von der Breite des Ortes abhängt, von dem phyſiſchen gar wohl unterſcheiden müſſe.

Uebri-

Uebrigens hat Wargertin aus 19jährigen zu Upſal gemachten Beobachtungen und 6jährigen von Reaumür zu Paris angeſtellten eine Vergleichung des Klima's von Schweden und Frankreich angeſtellt, und gefunden, daß der Unterſchied zwiſchen dem Klima von Schweden und Frankreich der ſey, daß der Winter in Frankreich um einen Monat kürzer, und die Kälte meiſtens 6 bis 8 Grad geringer iſt. Dagegen iſt der Sommer faſt zwey Monate länger, und wenn er am heißeſten iſt, 2 oder 3 Grad wärmer, als in Schweden. Das geometriſche Mittel der Wärme des ganzen Jahres in Schweden verhält ſich zu dem ähnlichen Mittel in Frankreich, wie 5,4 : 10,7. Dieſer Unterſchied, ſagt Wargertin, iſt zwar anſehnlich, aber doch nicht ſo groß, als der Unterſchied des Klima's von Paris und Algier; obgleich Algier nur Einen Grad weiter ſüdwärts von Paris liegt, als Paris von Upſal.

Mayer [r]) ſchlug vor, für die mittlere Wärme der Oerter Tafeln nach einer Theorie zu verfertigen, und dieſe wegen der Höhe der Oerter, und der jährlichen und täglichen Abwechſelungen, durch Gleichungen nach Art der aſtronomiſchen Rechnung zu berichtigen. Er legt den Satz zum Grunde: daß ſich die Abnahme der mittleren Wärme nach dem Quadrate des Sinus der Breite richte, welche in Rückſicht der Wärme am Tage der Nachtgleiche $\frac{1}{2}\pi c^2 = \frac{1}{2}\pi\ (1 - s^2)$ iſt (wo c den Coſinus und s den Sinus der Breite des Ortes bedeutet), daß alſo die Abnahme dieſer Wärme gegen die ganze unterm Aequator ſtatt findende, wie

r) De variationibus thermometri accuratius definiendis in *Tob. Mayeri* opp. ineditis. Gotting. 1775. 4. Num. I.

wie s^2 zu 1 iſt. Setzt man nun die mittlere Wärme unterm Aequator = 24° Reaumür., die unter den Polen = 0, ſo findet man ſie unter der Breite s = 24 $(1 - s^2)$ Grade. Daraus entſteht folgende Tabelle:

Breite		Reaum. Grade	Breite		Reaum. Grade
0°	-	24	50°	-	10
5	-	$23\frac{3}{4}$	55	-	8
10	-	$23\frac{1}{4}$	60	-	6
15	-	$21\frac{1}{2}$	65	-	$4\frac{1}{4}$
20	-	$21\frac{1}{4}$	70	-	$2\frac{3}{4}$
25	-	$19\frac{3}{4}$	75	-	$1\frac{1}{2}$
30	-	18	80	-	$\frac{3}{4}$
35	-	16	85	-	$\frac{1}{4}$
40	-	14	90	-	0
45	-	12			

Von den Angaben dieſer Tafel ſoll nun noch für jede 100 Toiſen Höhe über der Meeresfläche 1 Grad abgezogen werden, weil die beſtändige Schneegrenze unter dem Aequator 2400 Toiſen hoch liegt, alſo in dieſer Höhe die Wärme um 24 Grad vermindert wird. So kömmt für Göttingen, deſſen Höhe über dem Meere 70 Toiſen beträgt, nach einem Abzuge von $\frac{7}{10}$ Grad, die mittlere Wärme 9 Grade. Für die jährlichen Abwechſelungen nimmt Mayer an, daß das Maximum und Minimum der Wärme bey uns falle, wenn die Sonne 30° über das Solſtitium hinaus ſey, unter dem Aequator aber ins Solſtitium ſelbſt, und die größte jährliche Veränderung betrage unter dem Aequator 0, in unſern Gegenden 10°, unter den Polen 13°. Nach dieſen Vorausſetzungen ließen ſich Tafeln für jeden Grad der mittleren Wärme verfertigen. Folgende für 8 Grad kann als Beyſpiel dienen:

Mona-

Monate	Tage 1	11	21	Monate	Tage 1	11	21
Jan.	$-1\frac{1}{2}$	-2	-2	July	$17\frac{1}{2}$	18	18
Febr.	-2	$-1\frac{1}{2}$	$-0\frac{1}{2}$	Aug.	18	$17\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$
März	$+0\frac{1}{2}$	$1\frac{1}{2}$	3	Sept.	$15\frac{1}{2}$	$14\frac{1}{2}$	13
April	$4\frac{1}{2}$	$6\frac{1}{4}$	8	Octob.	$11\frac{1}{2}$	$9\frac{3}{4}$	8
May	$9\frac{3}{4}$	$11\frac{1}{2}$	13	Nov.	$6\frac{1}{4}$	$4\frac{1}{2}$	3
Juny	$14\frac{1}{2}$	$15\frac{1}{2}$	$16\frac{1}{2}$	Dec.	$1\frac{1}{2}$	$+0\frac{1}{2}$	$-0\frac{1}{2}$

Der Herr von Mairan hat über dieſen Gegenſtand neuere Unterſuchungen angeſtellt [s]), wobey er vorzüglich die von Bouguer gemachten Beſtimmungen über die Stärke der Wirkung des Sonnenlichts benutzt, und auf die nöthigen Reduktionen wegen der Strahlenbrechung Rückſicht genommen hat. Dieſem zu Folge ſetzt er folgende Angaben feſt:

1. Sonnenhöhe in den Solſtitialpunkten nach gemachter Reduction

im Sommer 64° 38′ 37″
im Winter 17° 41′ 30″

2. Stärke des Lichts der Sonne

im Sommer $7944\frac{94}{100}$
im Winter $5094\frac{38}{100}$

3. Die Kraft des Lichts verhält ſich umgekehrt, wie die Entfernung von der Sonne

im Sommer $9833\frac{1}{2}$
im Winter $10166\frac{1}{2}$

4. Die

s) Nouvelles recherches ſur la cauſe générale du chaud en été et du froid en hyver in den Mémoir. de l'Acad. de Paris. an. 1765.

4. Die halbtägigen Bogen ſind im Sommer 483′, und im Winter 245′, hievon muß man die Quadrate nehmen.

Hierauf nimmt Mairan die Logarithmen aller dieſer Zahlen, und findet

1. die Höhe H
im Sommer 9,9560057 im Winter 9,4839354
2. die Stärke des Lichts I
im Sommer 3,9000905 im Winter 3,7070913
3. die Dichtigkeit D^2
im Sommer 7,9854162 im Winter 8,0143428
4. Den Bogen R^2
im Sommer 5,3678942 im Winter 4,7783322

Summe 27,2094066 Summe 25,9837017

Zieht man die kleinere Summe von der größern ab, ſo bleibt 1,2257049, welche Zahl der Logarithme von $16\frac{82}{100}$ iſt.

Dies wird das Verhältniß des Sonnenſommers E zum Sonnenwinter H bey der Breite von Paris ſeyn, und man wird alſo $E : H = 16\frac{82}{100} : 1$ haben. Die Sonnenwärme wird folglich in Paris für einen beſtimmten Augenblick (z. B. für den Mittag der Winter- und der Sommerſonnenwende) im Sommer 16 mahl größer, als im Winter ſeyn. Mairan vermehrt, um dieſe Wärme in trigonometriſchen Theilen zu haben, den Logarithmen der Formel $E : H = 16\frac{82}{100} : 1$ mit der Zahl 23, und findet in trigonometriſchen Theilen $16\frac{82}{100} = \frac{1696\frac{11}{100}}{963\frac{17}{100}}$, deſſen Differenz 15232 iſt, d. h. die Differenz des Sonnenſommers zum Winterſommer iſt in Paris von 15232 trigo-

trigonometriſchen Theilen. Er unterſucht ferner, welche wirkliche Verſchiedenheit zwiſchen dem wahren Sommer und dem wahren Winter ſtatt finde. Deßhalb verglich Mairan alle von 1701 bis 1756 für Paris gemachte thermometriſche Beobachtungen, und fand, daß die größte mittlere Wärme von 1026 Graden und die größte mittlere Kälte von 994 Graden war (er nahm 1000 als den Gefrierpunkt an). Hieraus ergiebt ſich, daß 32 trigonometriſche Theile die Differenz zwiſchen dem wirklichen Sommer und dem wirklichen Winter ausmachen, welche ſich zu einander verhalten, wie 32 : 21.

Noch hat Mairan Unterſuchungen darüber angeſtellt, den Grad der größten mittleren Wärme in allen Klimaten im Sommer zu finden, und er hat ihn zu 1026 beſtimmt. Dies Reſultat, ſagt er, können die vier Umſtände von der Wirkung des Sonnenlichts (Th. II. S. 601 u. f.) nicht geben, und man muß daher ſchließen, daß es noch eine Urſache giebt, die keine andere, als die Wärme im Innern des Erdkörpers ſeyn kann.

In Paris iſt die Sonnenwärme im Sommer = 32,02, und im Winter = 1,02, die Ausflüſſe des Centralfeuers müſſen daher 99,198 betragen. Dieſe Ausflüſſe würden ſich daher zur Sonnenwärme verhalten im Sommer wie 29,16 : 1, im Winter wie 491 : 1; der wahre Winter und der wahre Sommer werden unter einander im Verhältniſſe wie 31 : 32, und der Sonnenwinter und der Sonnenſommer wie 1 : 16 $\frac{80}{200}$ ſtehen, ſie ſind folglich um mehr als 15 Ganze von einander unterſchieden.

Hiernach hat der Herr von Mairan Tafeln für die Wärme des längſten und kürzeſten Tages unter verſchiedenen Breiten berechnet, welche man auch beym Bergmann [t]) findet.

Meynungen über die Entſtehung und Bildung der Erde.

Bourguet [u]) glaubte, daß die Lage und Geſtalt der Berge eine ſehr große Aehnlichkeit mit den Feſtungswerken hätten, bey welchen beſtändig einwärtsgehende und hervorſpringende Winkel mit parallelen Schenkeln einander gegenüberſtehen. Auch meinte er, wie viele andere Naturforſcher, daß man in allen Bergen Schichten und Conchylien finde. Die Entſtehung der Berge erklärt er alſo aus den Strömen des ehemaligen Meeres, eben ſo wie bey den Biegungen der Flüſſe Winkel mit parallelen Schenkeln gegenüber ſtehen. Man hat aber dieſer Hypotheſe entgegengeſetzt, daß dieß mehr Wirkung eines reiſſenden Stromes, der ſich Wege durchbreche, als die eines weit ausgebreiteten und Niederſchläge abſetzenden Meeres wäre, zu geſchweigen, daß dieſe Anordnung nur bey einer ſehr geringen Anzahl von Bergen ſtatt finde, und daß dieſe Berge ſchon vorhanden ſeyn mußten, ehe ſich die Fluth den Weg durch dieſelben öffnete. Dieſe Anordnung zeige ſich vielmehr blos an den Seiten der Thäler, welche die großen Bergketten der Queere nach durchſchneiden.

Nach der Meynung des Abbé Pluche [x]) ſind bey Entſtehung der Erde die Ebenen des Aequators und

t) Phyſikaliſche Beſchreibung der Erdkugel B. II. §. 140. 141.

u) Lettres philoſophiques ſur la formation des ſels et de criſtaux. à Amſt. 1729. 12.

x) Spectacle de la nature, à la Haye 1738. 8. T. III. P. 2.

und der Ekliptik zuſammengefallen. Hieraus ſey ein beſtändiger Frühling erfolgt; auch habe das Meer zum Theil in unterirdiſchen Hölen verſteckt gelegen. Der Schöpfer habe aber die Axe gegen die nördlichen Geſtirne plötzlich hingelenkt, und dadurch ſey die Sonnenhitze ganz auf die eine Halbkugel gefallen; dieſe habe alsdenn gewaltſame Ausdehnungen der Luft verurſacht, wodurch Sturmwinde entſtanden und in die unterirdiſchen Hölen eingedrungen wären; zugleich ſey aber auch das Waſſer aus der Atmoſphäre in ſtürmiſchen Regengüſſen herabgefallen. Hiervon ſey die Wirkung geweſen, daß die Erde in Stücken zerriſſen ſey, welche in die Tiefe verſunken wären und dadurch das unterirdiſche Waſſer in die Höhe getrieben hätten, und eben daher ſey die Sündfluth entſtanden. Nachher ſoll das Waſſer, theils durch Ausdünſtung, theils durch Ablauf in unterirdiſche Hölen, die Erde aufs Trockene gebracht, und für Thiere und Menſchen wieder wohnbar gemacht haben. Uebrigens meint er, daß man noch die Erdſchichten, als Ueberbleibſel des alten Baues, und hie und da Spuren der Veränderungen, welche der Einſturz und das Waſſer bewirkt haben, antreffe.

Johann Gottlob Krüger [y]) iſt der Meynung, daß die Geſtalt, welche unſere Erde jetzt beſitzt, durch dreyfache Veränderungen erfolgt ſey. Zuerſt war ſie überall mit Waſſer umgeben, in welchem die Schaalthiere lebten, und dadurch erhielt ſie zugleich die ſphäroidiſche Geſtalt; nachher wurde ſie entzündet, wodurch die Conchylien gekocht, und in verſchiedene geſchmolzene Materien gleichſam eingegraben wur-

y) Geſchichte der Erde in den älteſten Zeiten. Halle 1746. 8.

wurden. Zuletzt endlich wurden die Berge, Thäler, Ebenen, Hügel u. d. g. durch die Wirkungen der Erdbeben hervorgebracht.

Anton Lazaro Moro *) leitet die Entſtehung der Erde aus der Wirkung des unterirdiſchen Feuers her. Hierzu gaben ihm vorzüglich die Entſtehung einer neuen Inſel im Archipelagus am Meerbuſen der Inſel Santorin im Jahre 1707 und des Montenuovo bey Neapel im Jahre 1538 Veranlaſſung. Er ſtellt ſich vor, daß bey der Schöpfung in der Mitte der Erde das Centralfeuer von einer dicken Erdrinde, auf welcher ſich 175 Toiſen hoch Waſſer befunden hätte, eingeſchloſſen geweſen wäre. Am dritten Tage ließ der Schöpfer das Feuer wirken, welches die Rinde hob, und ſo die urſprünglichen Berge bildete. Auch habe das Centralfeuer dieſe dicke Rinde hier und da durchbrochen, vulkaniſche Materie um ſich geworfen, Schichten davon im Meere gebildet, und demſelben den ſalzigen Geſchmack gegeben, ſo daß es nunmehr Pflanzen und Seethiere erhalten konnte. Inzwiſchen erhob das Feuer auch den Meergrund, und bildete dadurch Berge, welche Schichten, aber keine Seeprodukte enthalten. Durch die ausgeworfenen vulkaniſchen Materien ſey das Land fruchtbar geworden, ſo daß es nunmehr Menſchen und Thiere bewohnen konnten. Nach dieſer Zeit habe auch das Centralfeuer Berge mit Seeprodukten angefüllt in die Höhe gebracht, und nach und nach die Erdſchichten in den Thälern, Ebenen u. ſ. f. bewirkt. Auch hätten nachher die Vulkane durch ihre Wirkungen

*) De' croſtacei et degli altri marini corpi, che ſi trovano ſu monti, Libri due, in Venezia 1740. 4. Neue Unterſuchungen der Veränderung des Erdbodens von A. L. Moro a. d. Ital. Leipz. 1751. 8.

gen verſchiedene lokale Veränderungen veranlaßt, z. B. Berge da erhoben, wo keine waren, andere verſenkt u. ſ. f., wodurch Thiere veränderte Wohnplätze erhalten hätten, und eben daher erkläre es ſich, warum in den Nordländern ſo viele Elephantenknochen aus der Erde herausgegraben werden, und an ſo vielen Oertern verſteinerte Ammonshörner ſich finden, deren lebendige Originale nicht mehr angetroffen werden.

De Maillet a) glaubt, daß die Erde anfänglich eine Sonne geweſen, und ausgebrannt ſey; ſie habe ſonſt die Stelle der jetzigen Sonne eingenommen, ſey aber auf einmahl in eine ſehr große Entfernung von derſelben fortgeworfen worden, wobey ſie zugleich mit Waſſer von den Planeten überſtrömt ſey. Dieß Waſſer dunſte nun täglich immer mehr aus, und nehme ſo lange ab, bis zuletzt die Erde, die dem Mittelpunkte näher komme, ganz vertrocknet, und dann wieder zur brennenden Sonne werden wird. Von dem ehemaligen Brande haben die Mineralien und Metalle ihren Urſprung. Das Meer ſenkt ſich jetzt in 1000 Jahren um drey Fuß. Aus dem Waſſer ſelbſt ſollen alle Pflanzen, ja ſelbſt die Thiere und Menſchen hervorgegangen ſeyn, welche anfänglich Bewohner des Meeres waren. Die Berge auf der Erdfläche ſind allein von den Bodenſätzen des alten weit höhern Meeres und ihre Unebenheiten von den Meerſtrömen entſtanden. Die Schöpfungstage macht er zu langen Zeiträumen, und legt dem Menſchengeſchlecht ein Alter von wenigſtens 500000 Jahren bey. Kaum iſt es zu begreifen, wie weit die Vorliebe zu einer Hypotheſe

a) *Telliamed*, ou entretiens d'un Philoſophe Indien avec un Miſſionaire François ſur la diminution de la mer. nouv. edit. à la Haye 1755. Tom. II. 12.

potheſe dieſen Schriftſteller verführt hat, welche ſich doch nur auf einige lokale Beobachtungen an den Küſten des mittelländiſchen Meeres gründet. Zur Beſtätigung des Theils, welcher die Thiere und Menſchen betrifft, trägt er die lächerlichſten Fabeln vor. Uebrigens hat er ſich bemüht, aus ſehr guten auf Beobachtungen ſich ſtützenden Gründen zu beweiſen, daß unſer feſtes Land ehedem Meeresgrund geweſen ſey.

Le Cat [b]) trug ein Syſtem vor, welches die Entſtehung der Berge auf dem ſonſt ebenen Meergrunde der Wirkung des Mondes, oder der Ebbe und Fluth, zuſchreibt. Dieſe, ſagt er, häufte den Schlamm in ungeheuern Maſſen auf; dadurch mußten an andern Stellen Vertiefungen entſtehen, in welche ſich das Waſſer ſenkte, und einen Theil der erhobenen Erde auf dem Trockenen zurückließ. Dieſe Wirkungen dauern noch immer, wiewohl langſam, fort, und endlich wird das Meer die ganze Erdkugel aushölen.

Der Graf Büffon [c]) war der erſte, welcher den Umſtand benutzte, daß ſich alle Planeten um die Sonne und um ihre Axen nach einerley Seite zu bewegen, und daß ihre Bahnen nur kleine Winkel, höchſtens von $7\frac{1}{2}^{\circ}$, mit einander machen. Dieß leitete ihn auf die Vermuthung, daß ihre anfängliche Bewegung aus einer gemeinſchaftlichen Urſache entſtanden ſey. Er ſtellt ſich vor, es ſey einmahl ein Komet ſchief gegen die Sonne gefallen, habe von ihr den 650ſten Theil abgeſtoßen, und den abgeſtoßenen Stükken die Umdrehung um ihre Axe nach eben der geſtoßenen

b) Magazin françois. Juillet. 1750.

c) Hiſtoire naturelle générale et particulière Tom. I. théorie de la terre, ingl. mit beträchtlichen Abänderungen ſupplément. Tom. IX. et X. Paris 1778. 8.

ßenen Richtung mitgetheilt. Dieſe Stücke hätten nun vermöge der Schwere ſich central zu bewegen angefangen, und wegen der Umdrehung um ihre Axe die abgeplattete Geſtalt erhalten, woraus die Planeten und ihre Trabanten entſtanden ſind. Das eine Stück, welches unſere Erde geweſen ſey, habe ſich anfänglich im glühenden und geſchmolzenen Zuſtande befunden, ſey aber nach und nach erkältet und hart geworden. Büffon berechnet, daß das Glühen der Erde 3000, und die Hitze, wobey man die Erde noch nicht hätte berühren können, 34000 Jahre gewährt habe. Beym Erkalten der glühenden Erde ſollen ſich die urſprünglichen Bergketten und Höhlungen gebildet haben, ſo wie ohngefähr bey glühenden verglaſeten Materien nach dem Erkalten Blaſen und äußere Erhöhungen entſtehen, wobey zugleich in den Höhlen die Metalle als Sublimat ſich angelegt hätten. Da nun die Erde in einem Zeitraum von ungefähr 25000 Jahren ſo heiß geweſen ſey, daß die Hitze das Waſſer in einen beſtändigen dampfförmigen Zuſtande habe erhalten können, ſo habe ſich das ganze Meer als Dampf in der Atmoſphäre befunden. Erſt nach dieſer Zeit ſey es nach und nach in tropfbarer Geſtalt auf die Erde herabgefallen, und habe die Erdfläche auf 2000 Toiſen hoch bedeckt, ſo daß nur die Gipfel der höchſten Berge noch hervorgeragt hätten. In dieſem noch nicht ganz erkalteten Meere ſollen ſich nun Schaalthiere in ungeheurer Menge erzeugt haben, und ſelbſt andere Thiere entſtanden ſeyn, die jetzt nicht mehr anzutreffen wären. Vermöge des ſtarken Drucks des Waſſers habe es endlich die Erdrinde durchbrochen, und in die unterirdiſchen Höhlen ſich ergoſſen. Hierdurch entſtand nun trockenes Land, welches von Menſchen angebauet zu werden angefangen wurde, die nach der damaligen Stärke

der

der Natur eine koloſſaliſche Geſtalt hatten. Die Erde erkaltete zuerſt gegen die Pole zu, und daher fing auch da die Bevölkerung zuerſt an, endlich verlief ſich auch das Gewäſſer unter dem Aequator. Binnen dieſer Zeit, welche Büffon auf 20000 Jahr ſetzt, wurden die Trümmer der Schaalthiere unter dem Waſſer in kalkartige Materie verwandelt, und Berge von der zweyten Art gebildet, welche mit Schichten von Seeprodukten angefüllt wurden. Durch die Elektricität, welche aus der innern Wärme der Erde herrührte, entſtanden Erdbeben und Vulkane, welche neue Inſeln erhoben, die Erde mit Lava bedeckten, und den Boden fruchtbar machten. Die Elephanten und andere Thiere hätten damals in den Nordländern gelebt, bis die zunehmende Erkältung ſie gezwungen hätte, ſich in die heiße Zone zu begeben. Daher komme es, daß man in Siberien, Nordamerika und andern Polarländern ſo vieles ausgegrabenes Elfenbein finde. Endlich erhielt die Erde die gegenwärtige Geſtalt vorzüglich noch durch verſchiedene partielle Ueberſchwemmungen, durch die Wirkung des Regenwaſſers, und durch die immer fortgehende Bewegung des Meeres von Oſten gegen Weſten. Nach Büffon's Meynung nehme die Erkältung der Erde immer mehr zu, und nach 930000 Jahren werde die Kälte ſo groß geworden ſeyn, daß kein lebendiges Thier ſein Leben mehr fortſetzen könne und überhaupt die ganze Natur abſterbe.

Dieſe Hypotheſe, welche Büffon mit einer ihm eigenen hinreiſſenden Beredſamkeit vorgetragen hat, kann bey genauerer Prüfung für weiter nichts, als für einen Traum gehalten werden. Auch iſt ſie wirklich von mehreren, als de Lüc, la Place u. ſ. hinreichend widerlegt worden.

Zwey-

Zweyter Abſchnitt.

Von den Meynungen und Entdeckungen in der beſondern Naturlehre.

Erſtes Kapitel.

Meynungen und Entdeckungen in der Lehre vom Lichte.

Weſen des Lichts.

Newton hatte in ſeinen der Optik beygefügten Fragen hinreichend zu erkennen gegeben, daß er das Licht für wirkliche Ausflüſſe aus den leuchtenden Körpern halte, und dieſe Hypotheſe iſt ſeitdem von mehreren Phyſikern unter dem Nahmen des Emanationsſyſtems als die wahrſcheinlichſte angenommen worden. Da aber zu Newton's Zeiten die meiſten Naturforſcher das Weſen des Lichts aus der wellenförmigen Fortpflanzung eines ätheriſchen Mittels erklärten, ſo ſtellte Newton dieſer Theorie noch vor der Erſcheinung ſeiner Optik in ſeinen Principien [d]) einen Satz entgegen, nach welchem die wellenförmige Fortpflanzung des Lichts unmöglich zu ſeyn ſcheint. Er führt nämlich daſelbſt an, daß die Schläge oder Wellen eines elaſtiſchen Mittels, wenn ſie durch ein Loch in einer vorliegenden Wand gehen, ſich hinter derſelben nach allen Seiten hin ausbreiten müßten; woraus folgen würde, daß man einen leuchtenden Körper, wenn er ſolche Wellen erregte, auch hinter einer un-

d) Princip. Lib. II. prop. 42.

undurchſichtigen Wand ſehen müßte, wenn man ſich auch nicht in einer geraden Linie mit dem leuchtenden Körper und dem Loch befände, ſo wie man den von außen erregten Schall in allen Winkeln eines verſchloſſenen Zimmers durch eine Oeffnung hört. So richtig aber auch dieſer Einwurf zu ſeyn ſchien, ſo konnten ſich einige Phyſiker nicht überwinden, die Theorie von der wellenförmigen Bewegung des Lichts fahren zu laſſen, vielmehr glaubten ſie, wichtigere Gründe für ihre Wahrheit aufgefunden zu haben. Einer der vorzüglichſten Vertheidiger derſelben war der berühmte Mathematiker Leonhard Euler. Dieſer beſtritt das Emanationsſyſtem, und vertheidigte die Huygensſche Hypotheſe, nach welcher das Licht in Schwingungen beſteht, die von dem leuchtenden Körper durch ein feines ätheriſches Mittel fortgepflanzt werden. Da Euler ſeiner Theorie durch eine fruchtbare Anwendung der Mathematik ſo vielen Glanz geben konnte, ſo daß ſie von den meiſten und berühmteſten Naturforſchern eine geraume Zeit hindurch vertheidigt wurde, ſo halte ich es für nöthig, ſie etwas umſtändlich zu erzählen.

Euler e) führt gegen das Emanationsſyſtem folgende Gründe an: Die Sonne, ſagt er, müßte durch das unaufhörliche Ausſtrömen einer Materie aus allen ihren Punkten und nach allen Seiten hin längſt erſchöpft ſeyn. Er berechnet, wenn der Verluſt der Sonne in 5000 Jahren unmerklich ſeyn ſollte, ſo müßte die Dichtigkeit der Sonnenſtrahlen an der Erde ein Trillionmahl geringer ſeyn, als die Dichtigkeit der Sonne

e) Nova theoria lucis et colorum in den Opuſculis varii argumenti. Berol. 1746. 4. p. 169-244.

Sonne ſelbſt, welches ihm unbegreiflich dünkt. Ferner, ſagt er, müßte eine ſolche Menge von Materie, welche den ganzen Himmelsraum einnehme, und mit einer ſo gewaltigen Geſchwindigkeit bewegt werde, die Planeten und Kometen in ihrem Laufe um die Sonne nothwendig ſtören. Wenn man aber auch zugeben wollte, daß körperliche Theilchen ſich mit der unermeßlichen Geſchwindigkeit des Lichts bewegen könnten, wie ſey es möglich, daß mehrere Strahlen, die von verſchiedenen Orten herkommen, ſich in ihrer Bewegung nicht ſtören? Wenn noch ſo viele Strahlen durch eine noch ſo kleine Oeffnung in ein dunkeles Zimmer fallen, oder in dem Brennpunkte eines Brennſpiegels oder Brennglaſes ſich kreuzen, ſo verändert dieß die Richtung der einzelnen Strahlen nicht im geringſten. Ueberdieß ſey es nicht möglich zu gedenken, daß die Strahlen durchſichtige Körper ſo ſehr leicht durchdringen könnten. Sie möchten, auf welche Art man wolle, durchgehen, ſo müßten dieſe Körper ihre Zwiſchenräumchen nach allen möglichen Richtungen in geraden Linien liegen haben, um den Strahlen freye Durchgänge zu verſtatten. Ein ſolcher Bau der Körper, ſagt er, würde ihnen alle Materie und alle Verbindung ihrer Theile benehmen, wenn ſie auch Materie enthielten. Uebrigens beantwortet aber Euler Newto'ns nicht längſt angeführten Satz keinesweges, ſondern erinnert blos, daß damit noch nicht bewieſen ſey, daß der Schall ſich in dem Zimmer durch eine Oeffnung in der Wand nach allen Seiten hin ausbreite. Denn Jemand, der in den Winkeln eines Zimmers ſitze, glaube nicht, daß der ſchallende Körper in dem Loche der Wand befindlich ſey, wie er es doch glauben müßte, wenn der Schall von dem Loche her ſich ausbreitete, weil man von der Lage des ſchallenden Körpers

auf die Richtung urtheile, nach welcher die Schläge der Luft ins Ohr kommen. Ferner, wenn man das Loch zumache, höre man den Schall faſt eben ſo gut; er dringe durch die Wände des Zimmers, welche, in Abſicht auf den Schall, eben das ſeyen, was durchſichtige Körper, in Abſicht auf das Licht, ſind. Könnte man die Wände eines Zimmers ſo ſtark machen, daß der Schall ſie zu durchdringen nicht im Stande wäre, ſo würde man den Schall ohne Zweifel auch nicht anders, als in derjenigen Richtung, nach welcher er durch eine Oeffnung ins Zimmer gekommen, vernehmen können. Euler hält es ſo gut wie unmöglich, ein ſolches Zimmer anzulegen.

Durch dieſe angeführten Schwierigkeiten, welche Euler dem Emanationsſyſteme entgegenſtellte, fand er ſich bewogen, die von Huygens vorgetragene Hypotheſe mit einigen Verbeſſerungen zu erneuern, und beſonders auf die durch Newton erweiterte Lehre von den Farben anzuwenden. Er nimmt eine höchſt feine, flüſſige und elaſtiſche Materie durch den ganzen Weltraum verbreitet an, der er mit Huygens den Nahmen Aether giebt. Dieſer Aether wird durch das Zittern der leuchtenden Körper eben ſo bewegt, wie die Luft durch die Schwingungen der ſchallenden. Dadurch entſtehen Schläge (pulſus) auf den Aether, die ſich, wie Wellen im Waſſer, nach allen Seiten verbreiten, ſo daß die Richtungen des Fortganges den leuchtenden Punkt, wie die Halbmeſſer der Kugel ihren Mittelpunkt, umgeben. Dieſer Schläge folgen mehrere auf einander mit einer gewiſſen Geſchwindigkeit, und ihre Aufeinanderfolge in eben derſelben geraden Linie macht einen Lichtſtrahl aus. Einfache Lichtſtrahlen ſind, in welchen alle Pulſus mit gleichen Zwiſchenzei-

zeiten auf einander folgen; zuſammengeſetzte, deren Schläge durch ungleiche Zeiträume getrennt ſind. Die einfachen ſind wieder verſchieden, je nachdem die Succeſſion ſchneller oder langſamer iſt, und dieß erregt im Auge die Empfindung der verſchiedenen einfachen Farben. Die Brechung rührt daher, weil die Wellen der Schläge an der brechenden Fläche andere Geſchwindigkeiten erhalten, und beym ſchiefen Einfall ein Theil der Welle eher an die Fläche trift, als die übrigen, wodurch die Richtung der ganzen Welle geändert wird.

Euler theilt die Körper, in Abſicht auf das Licht, in vier Klaſſen. Zuerſt die, welche durch ihr eignes Licht leuchten; zweytens diejenigen, welche das Licht zurückwerfen, das ſind ſolche, deren Theilchen durch das Licht in keine ſchwingende Bewegung geſetzt werden, ſondern von welchen die auffallenden Schläge des Aethers unter dem gehörigen Winkel zurückfahren; drittens die durchſichtigen, welche die Schläge des Aethers durch ihre Subſtanz hindurch fortpflanzen; viertens die undurchſichtigen Körper, deren Theilchen von dem auffallenden Lichte in eine ſchwingende Bewegung geſetzt werden, und in dem Aether hinwiederum eine ſolche Bewegung erregen, ſo wie von zwey gleich geſtimmten Saiten die eine ertönt, wenn die andere bewegt wird.

Die Sichtbarkeit erleuchteter dunkler Körper leitet Euler nicht, wie Newton, von dem zurückgeworfenen Lichte, ſondern aus neuen im dunkeln Körper erregten Schwingungen ab, deren Geſchwindigkeit oder Farbe der Spannung ſeiner Theile gemäß iſt. Der Mond, ſagt er, wirft nicht das Sonnenlicht zurück, ſonſt würden wir ihn nicht ſelbſt, ſondern ein Sonnenbild in ihm ſehen. Auch könnten wir gar keine Farbe

wahrnehmen, wenn die Körper das auffallende Licht zurückwürfen, weil die Zurückwerfung bloß vom Einfallswinkel abhängt, und es alſo unerklärbar wäre, warum ein rother Körper in allen Fällen bloß rothe Strahlen nicht nur zurückwirft, ſondern auch nach allen Seiten ausſendet. Alſo muß es der rothe Körper ſelbſt ſeyn, der, durch das Licht erſchüttert, dem Aether Schläge giebt, die der Spannung ſeiner Theile gemäß ſind, und die daher die Empfindung der dem Körper eigenen rothen Farbe erregen.

Eine ſehr faßliche Darſtellung dieſes Syſtems findet man in Eulers Briefen [f]), ingleichen im Hamburg. Magazin [g]). Er empfiehlt ſeine Hypotheſe auch deßwegen, weil ſie dem allgemeinen Plane der Natur gemäßer ſey. Die Natur, ſagt er, hat die Ausflüſſe nur beym Geſchmack und Geruch gebraucht, wo es auf geringe Entfernungen ankommt; beym Gehör aber hat ſie, wegen der Fortpflanzung des Schalles in größere Entfernungen, ſchon Schwingungen eines gröbern Mittels anwenden müſſen; daher iſt es glaublich, daß ſie zum Behuf des Sehens, das ſich in die unermeßlichſten Weiten erſtreckt, nicht Ausflüſſe, ſondern Schwingungen eines feinern Mittels werde gewählt haben.

Den Einwurf, welchen Euler gegen das Emanationsſyſtem aus dem Baue der durchſichtigen Körper hergenommen hat, ſuchte der P. Boscowich [h]) auf folgende Art zu heben. Dieſer ſtellte ſich nämlich, wie

f) Lettres à une princeſſe d'Allemagne. Mitau et Leipſ. 1770. 8. T. I. lett. 17-31.
g) B. VI. S. 156. u. f.
h) Philoſoph. natur. redacta ad unicam legem. Vindob. 1759. 4. p. 167. ingl. Diſſ. de lumine. Vindob. 1766. 4.

wie bereits oben S. 15 u. f. angeführt iſt, die Materie überhaupt als eine Menge von phyſiſchen Punkten vor, welche mit Wirkungskreiſen des Anziehens und Zurückſtoßens umgeben ſind. Wenn nun, ſagt er, ein bewegter Körper Moment genug hat, um die zurückſtoßenden Kräfte, in deren Wirkungskreis er kommt, zu überwinden, ſo wird er ohne Schwierigkeit durch jeden Körper dringen können, denn auf dieſe Art kreuzen ſich bloß Kräfte, deren mehrere an einem Orte zugleich ſeyn können. Boscowich zeigt, wenn das Moment groß genug ſey, ſo treibe der durchgehende Körper die Theile des andern gar nicht aus der Stelle; bey einer geringern Geſchwindigkeit ſetze er ſie in eine beträchtliche Bewegung, ohne in ſeinem Laufe ſehr unterbrochen zu werden; und bey noch geringerer Geſchwindigkeit gehe er gar nicht durch.

Prieſtley[i]) führt an, daß ſein Freund Michell auf eine der Boscowich'ſchen ähnliche Hypotheſe in ſeinen jüngern Jahren gefallen ſey, ohne einmal von der letztern gehört zu haben, und zwar bey der Gelegenheit, daß er Baxters Werk von der Unkörperlichkeit der Seele las. Er habe nämlich gefunden, daß dieſer Schriftſteller folgenden Begriff von der Materie machte: daß ſie gleichſam aus Ziegelſteinen beſtünde, die von einem unkörperlichen Mörtel zuſammen gehalten würden. Dieſe Ziegelſteine wären, wenn er nicht mit ſich ſelbſt uneins werden wollte, wieder aus kleinern Ziegelſteinen zuſammengeſetzt, die ebenfalls durch einen unkörperlichen Mörtel verbunden wären, und ſo fort bis ins Unendliche. Michell, der aus dieſem Geſichtspunkte die Erſcheinungen der Natur zu betrachten

i) Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 284. f.

ten angefangen habe, habe bald bemerkt, daß dieſe Ziegelſteine mit dem unkörperlichen Mörtel ſo bedeckt würden, daß, wenn ſie auch wirklich vorhanden wären, ſie ſo gut wie nicht da ſeyn müßten, weil jede Wirkung unter zehn Fällen neunmal, und das zehntemal vermuthlich auch, durch dieſen unkörperlichen, geiſtigen und durchdringbaren Mörtel hervorgebracht würde. Anſtatt alſo die Welt auf den Rieſen, den Rieſen auf die Schildkröte, und die Schildkröte auf etwas, das er weiter nicht gewußt, zu ſetzen, habe er die Welt auf einmal auf ſich ſelbſt geſetzt; und da er, um die Erſcheinungen der Natur zu erklären, immer für nothwendig gefunden habe, neben der undurchdringbaren Materie ausgedehnte und durchdringbare immaterielle Subſtanzen anzunehmen, auch bemerkt habe, daß alles, was wir durchs Gefühl u. ſ. empfinden, dieſe durchdringbare immaterielle Subſtanz, und nicht die undurchdringbare wäre, ſo ſey er auf den Gedanken gekommen, daß er ſo gut durchdringbare materielle, als durchdringbare immaterielle Subſtanzen annehmen könnte, insbeſondere, da wir von der Natur einer Subſtanz weiter nichts wüßten, als daß es etwas ſey, woran Eigenſchaften hafteten, welche Eigenſchaften man nach Belieben vergeſellſchaften könne, wenn ſie nur nicht mit einander ſtritten, d. i., eine der andern Daſeyn ausſchlöſſe. Dieſes ſcheine aber nicht der Fall zu ſeyn, wenn man zwey Subſtanzen zu gleicher Zeit in demſelben Orte ſeyn laſſe, ohne ſich einander zu verdrängen; welches nur wegen des Widerſtandes, den man durchs Gefühl antreffe, unbegreiflich ſcheine, und im Grunde ein Vorurtheil ſey; ſo etwa wie jenes gegen die Antipoden, welche man wegen der allgemeinen Erfahrung leugnete, daß Körper herunterwärts, wie wir es nennten, fielen.

Uebri=

Uebrigens hat auch Michell Prieſtley'n eine Berechnung der Kraft mitgetheilt, mit welcher leuchtende Körper das Licht ausſenden, wie auch derjenigen, welche, da ſie ſich an der Oberfläche der Körper äußert, die Erſcheinung veranlaßt, welche man gewöhnlich ihre Undurchdringbarkeit nennt. Das Reſultat derſelben iſt folgendes. Man ſetze die Entfernung, in welcher die Körper auf das Licht zu wirken anfangen, $\frac{1}{100}$ Zoll. Alsdenn iſt die Kraft, welche die Geſchwindigkeit des Lichts erzeugt, die einerley mit derjenigen ſeyn muß, welche ſie, wie bey der Zurückwerfung, aufzuheben im Stande iſt, 19 Trillionen mal größer, als die Kraft der natürlichen Schwere. So viel mal man jene Entfernung kleiner macht, ſo viel mal muß man dieſe Kraft größer anſetzen. Dieſe erſtaunende Kraft, mit welcher die Körper das Licht ausſenden, oder welches einerley iſt, der Widerſtand, den es an ihrer Oberfläche antrift, zeigt, wie leicht man die Wirkung einer Kraft, die vermuthlich mit jener einerley iſt, für eine abſolute Undurchdringlichkeit annehmen könne.

Herr Klügel bemerkt hiebey, daß dieſe Rechnung auf das Licht gar nicht zu paſſen ſchiene, oder daß es ſich wenigſtens nicht der Mühe belohne, eine ſo beſchwerliche Rechnung darüber anzuſtellen, wie Prieſtley's Freund ſie ſich gemacht habe. Die Engländer ſchienen aber überhaupt in mechaniſchen Rechnungen noch etwas unbehülflich zu ſeyn. Ein Schüler von Euler hätte einem Newtonianer dieſes Exempel im Kopfe vorgerechnet. Wenn p : 1 das Verhältniß der beſchleunigenden Kraft zur Schwere; g die Höhe des freyen Falles in einer Sekunde; ſ den durch die Wirkung jener Kraft beſchriebenen Raum, und c die Geſchwin-

ſchwindigkeit am Ende dieſes Raumes bedeute, ſo ſey $c^2 = 4gps$. Für das Licht c = 1000 Millionen Fuß; $s = \frac{1}{1200}$ Fuß (per hypotheſ.), dabey ſey g = 16 Fuß, alles nach engliſchem Maaße. Alſo ſehe man gleich, daß p etwa 19 Trillionen betrage.

Man ſagt, das Licht müßte aus äußerſt feinen Theilchen zuſammengeſetzt ſeyn, es möchte nun in materiellen Ausflüſſen, oder in fortgepflanzten Schwingungen eines Zwiſchenmittels beſtehen. Ja man hat aus dieſer äußerſt großen Feinheit beweiſen wollen, daß das Licht nicht in materiellen Ausflüſſen beſtehen könne, weil ſich keine Materie von ſolcher Feinheit denken laſſe, daß unzählbare Ströme von ihr durch eine kleine Oeffnung, ohne ſich zu hindern, dringen könnten. Um dieſen Einwurf gegen das Emanationsſyſtem zu heben, hat man vorgegeben, daß man gar nicht nöthig habe, ſich den Fortgang des Lichts als einen ununterbrochenen Strom, ſo wie etwa Euler die ausfließenden Lichtſtrahlen mit Waſſerſtrahlen eines Springbrunnens vergleicht, zu denken, ob ſchon in der Empfindung des Sehens keine Unterbrechung wahrgenommen werde. Dieſes hat man ſogar durch Verſuche zu beſtätigen geſucht. So berechnete der Herr von Segner [k]) die Zwiſchenräume der Lichttheilchen folgender Maaßen. Aus der Beobachtung, wie langſam eine glühende Kohle im Kreiſe geſchwungen werden dürfe, daß der Kreis noch ununterbrochen helle ſcheint, folgert er, daß der Eindruck des Lichts auf das Auge etwa eine halbe Stunde dauern möge, wofür er aber doch nur 6 Tertien ſetzt. In dieſer Zeit beſchreibt das Licht fünf Halbmeſſer der Erde, mithin kann die Entfernung zweyer nach derſelben geraden Linie

k) Progr. de raritate luminis. Gotting. 1740. 4.

nie fortgehenden Lichttheilchen fünf ſolche Halbmeſſer groß genommen werden, und die Empfindung des Lichts bleibt ununterbrochen.

Andere Erläuterungen über die äußerſte Feinheit des Lichts giebt Melville und Canton.

Erſterer bemerkt [1]), daß es allem Vermuthen nach über dem ganzen Horizonte keinen phyſiſchen Punkt gebe, der nicht nach jeden andern Punkt, wo kein undurchſichtiger im Wege iſt, Licht ſendet. Das Licht geht nach ſeinem Wege von einem Sonnenſyſtem zum andern oft durch Ströme von Licht, welches von andern Sonnen herkommt, ohne daß es durch dieſes, oder die Theilchen des elaſtiſchen Medium, womit man, einigen Erſcheinungen zu Folge, den ganzen Weltraum angefüllt halten kann, aufgehalten, oder aus ſeinem Wege gebracht würde. Dieſe und andere Erſcheinungen zu erklären nimmt er an, daß die Theilchen, woraus das Licht beſtehe, in einer ſehr großen Entfernung von einander liegen, ſelbſt da, wo ſie am dickſten bey einander ſind; d. i. daß der Durchmeſſer zweyer nächſter Theilchen in demſelben Strahle, gegen ihre Entfernung von einander, unvergleichbar klein ſey. Hätte Euler, ſagt er, alſo bedacht, wie unermeßlich fein und dünne das Licht ſey, ſo würde er das Emanationsſyſtem nicht für unverträglich mit der Freyheit und Fortdauer der Bewegungen der Himmelskörper gehalten haben.

Dieſe Schwierigkeit, warum ſich die Lichttheilchen nicht hindern, wird, wie er bemerkt, dadurch nicht gehoben, wenn man mit Boscowich und andern

1) Edinburgh eſſays. Vol. II. p. 17.

dern annimmt, daß jedes Theilchen eine überwindliche fortſtoßende Kraft beſitze, weil auf dieſe Art die Wirkungsräume ihrer Kräfte ſich noch mehr mit einander vermiſchten und ſie ſich daher noch hinderlicher fallen würden.

Auch Canton m) zeigt durch eine leichte Rechnung, wie man die Schwierigkeit in dem Emanationsſyſtem, daß die Lichttheilchen ſich ſelbſt und andere Theilchen beſtändig anſtoßen müſſen, beynahe heben könne. Man muß nur eine ganz kleine Zeit zwiſchen der Ausſendung zweyer in derſelben Richtung ſich folgender Theilchen annehmen. Sendet z. B. ein leuchtender Punkt auf der Oberfläche der Sonne hundert und funfzig Theilchen in einer Sekunde aus, welches überflüſſig genug iſt, dem Auge ununterbrochen Licht zu verſchaffen, ſo werden doch die Theilchen, wegen ihrer großen Geſchwindigkeit, mehr als tauſend Meilen von einander ſeyn, und alſo Platz genug für andere laſſen, zwiſchen ihnen durchzugehen.

Einen Beweis für die Materialität des Lichts wollten einige Phyſiker daher nehmen, daß die Lichttheilchen unverkennbare Wirkungen des Stoßes gegen die Körper zu erkennen geben. Eine ſolche Beobachtung wollte bereits Homberg wahrgenommen haben (Th. III. S. 212.). Der Herr von Mairan n) ward durch Eulers Hypotheſe, daß die Schweife der Kometen Dünſte ſind, welche durch den Anſtoß eben der Schwingungen des Aethers, welche das Licht ausmachen, von der Sonne abwärts getrieben werden, veranlaßt, dieſen Gegenſtand einer nähern Prüfung zu unterwerfen; aber ſeine deßhalb angeſtellten

m) Philoſ. Tranſact. Vol. LVIII. p. 344.
n) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1747.

ten Verſuche machten ihm die Wirkung des Stoßes der Lichttheilchen zweifelhaft. Die außerordentlichen Wirkungen, welche Hartſöker und Homberg dieſer Kraft zugeſchrieben haben, rührten, wie er zeigt, von einem durch die Hitze der Brenngläſer erregten Lichtſtrome, oder von einer andern Urſache her, die ſie vielleicht überſehen hätten. Die Frage ſicherer zu entſcheiden, fieng er mit einem Verſuche an, da er den Brennpunkt eines Linſenglaſes von vier, und eines andern von 6 Zoll Breite auf eine 4 oder 6 Zoll lange Magnetnadel fallen ließ; allein es entſtand nichts als eine zitternde Bewegung, die nichts entſchied. Nachher verfertigte er mit du Fay eine Art Windmühle von Kupfer, die bey dem allerſchwächſten Stoße ſich bewegte; ungeachtet ſie aber den Brennpunkt eines 7 oder 8 Zoll breiten Linſenglaſes darauf fallen ließen, ſo waren ſie doch noch nicht im Stande, etwas daraus zu folgern. Hierauf ließ Mairan ein eiſernes Rad, drey Zoll im Durchmeſſer groß, mit ſechs Speichen machen, an deren Enden ein kleiner Flügel ſchief befeſtigt war. Die Axe des Rades, welche gleichfalls von Eiſen war, ward durch Hülfe eines Magnets aufgehängt. Rad und Axe wogen zuſammen nicht mehr als 30 Gran; es bewegte ſich auch das Rad, wenn die vereinigten Strahlen durch das Brennglas auf die Enden der Speichen fielen, allein ſo unregelmäßig, daß er die Bewegung keiner andern Urſache, als der erhitzten Luft, zuſchreiben konnte. Er wollte hierauf die Verſuche im luftleeren Raum anſtellen, bedachte aber, daß es unnöthig ſeyn würde. Denn außer der damit verknüpften Schwierigkeit glaubte er gewiß, daß unſere Atmoſphäre noch ein dünneres Medium enthalte, welches ſelbſt durchs Glas frey hindurchgehe, und deſſen

ſen Exiſtenz er in ſeinem Traktate von dem Nordlichte erwieſen zu haben glaubte.

Dagegen führt Prieſtley o) einen Verſuch von Michell an, der wirklich den Stoß der Lichttheilchen gegen Körper beweiſen ſoll. Seine Vorrichtung nahm zwar durch den Verſuch ſelbſt Schaden, und er konnte denſelben daher nicht ſo weit treiben, als er ſich vorgenommen hatte, allein nach Prieſtley mislang er doch nicht ganz.

Das Werkzeug, das er hiezu gebrauchte, beſtand aus einer ſehr dünnen kupfernen Platte, ein wenig über einen Zoll im Quadrate, die an das eine Ende einer dünnen Clavierſaite, von ungefähr 10 Zollen in der Länge, befeſtigt war. An der Mitte der Saite war ein achatenes Hütchen, wie in einem kleinen Seecompaſſe, vermittelſt deſſen ſie ſich wie eine Magnetnadel drehte; und an dem andern Ende war ein Hagelkorn von mittlerer Größe zum Gegengewichte der Platte angebracht. Noch war an der Mitte, rechtwinklicht auf die Saite und horizontal, ein kleines Stückchen einer ſehr dünnen Nähnadel befeſtigt, das gegen einen halben Zoll lang, und magnetiſch war. So mochte das ganze Gewicht etwa 10 Gran betragen. Es ward auf eine ſehr ſpitze Nadel gelegt, und drehte ſich auf derſelben ſehr leicht. Damit die Luft es nicht bewegen möchte, ward es in ein Käſtchen gethan, deſſen Deckel und Vorderſeite von Glas waren. Dieſes war etwa 12 Zoll lang, 6 Zoll tief und eben ſo viel breit, und die Nadel ſtand in der Mitte aufrecht.

Bey dem Verſuche ſelbſt ward der Kaſten ſo geſtellt, daß eine Linie, von der Sonne gezogen, ſenkrecht auf

o) Geſchichte der Optik, durch Klügel. S. 228.

auf die Länge deſſelben war; und das Inſtrument ward mit eben dieſer Länge parallel, vermittelſt des magnetiſchen Stücks von einer Nadel und eines von außen gehörig angebrachten Magnet's, gerichtet. Dieſer Magnet erhielt es, aber mit einer gar kleinen Kraft, in jeder Lage. Nun ließ man die Sonnenſtrahlen von einem Hohlſpiegel, der etwa 2 Fuß breit war, auf die kupferne Platte, durch das Glas auf der Vorderſeite des Kaſtens, fallen, ſo daß ſie auf der Platte ſich vereinigten. Die Folge war, daß die kupferne Platte ſich langſam, etwa um einen Zoll in einer Sekunde, fortbewegte, bis ſie etwa $2\frac{1}{2}$ Zoll zurückgelegt hatte, da ſie an das hintere Bret des Kaſtens anſtieß. Wie der Spiegel weggenommen ward, begab ſich das Inſtrument, vermittelſt der kleinen Nadel und des Magnets, wieder in ſeine vorige Lage. Dieſer Verſuch ward einige mal, immer mit demſelben Erfolge, wiederholt. Es ward auch das Inſtrument ſo geſtellt, daß Rechts und Links verwechſelt wurden; und auch in dieſer Lage fiel der Verſuch einige mal auf dieſelbe Art aus. Endlich aber ward die Platte durch die ſtarke Hitze gebogen, und kam halb über, halb unter der Saite zu liegen. In dieſer Lage ward ſie, gleich einem Windmühlflügel, von dem erhitzten Luftſtrome, der ſich in die Höhe bewegte, gegen den Stoß der Lichtſtrahlen angetrieben. Weil er in ſeinem Hauſe ſelbſt keinen Brennſpiegel hatte, ſo ſetzte er den Verſuch nicht weiter fort. Inzwiſchen, bemerkt Prieſtley, ſcheint es keinen Zweifel zu haben, daß man nicht jene Bewegung dem Stoße der Lichtſtrahlen zuſchreiben müſſe.

Prieſtley berechnet hieraus, da das ganze Inſtrument 10 Gran wog, daß die Maſſe des in einer Sekunde auf das Blättchen concentrirten Lichts nicht

nicht mehr als ein Zwölfhundertmillio theilchen eines Grans betrage. Da die Dichtigkeit der Sonnenſtrahlen auf der Oberfläche der Sonne größer, als ihre Dichtigkeit an der Erde, im Verhältniſſe 45000 : 1 iſt, ſo muß ein Quadratfuß auf der Sonne jede Sekunde ein Vierzigtauſendtheilchen eines Grans an Materie verlieren, oder ein wenig über 2 Gran in einem Tage, oder etwa 670 Pfund in 6000 Jahren. Dieſes würde, ſagt Prieſtley, den Halbmeſſer der Sonne nicht mehr als um 10 Fuß kleiner machen, wenn ſie nur die Dichtigkeit des Waſſers hätte.

Den Verſuch in einem Zimmer, durch deſſen Wände der Schall nicht durchzudringen im Stande iſt, und welchen Euler ſo gut wie unmöglich hielt, glaubt Klügel [p]) wirklich gemacht zu haben. Er ließ jemanden außen vor ſeinem Zimmer, der Thüre gegen über, etwa 18 Fuß von derſelben ſich ſtellen, und daſelbſt in einem Buche leſen. Er ſelbſt nahm ſeinen Platz inwendig zur Seite der Thüre, etwa 15 Fuß von derſelben. Die gerade Linie von ihm nach dem Leſenden gieng ſchief durch zwey ſehr dicke Mauern, welche eine ſteinerne Wendeltreppe einfaßten, und außerdem noch durch den Schornſtein eines Ofencamins. Wenn er bey eröffneter Thür den Leſenden noch verſtehen konnte, ſo vernahm er bey zugemachter Thür ein bloßes Murmeln, und wenn er in jenem Falle nicht mehr deutlich hörte, ſo vernahm er in dem letztern nichts, als bisweilen einen kleinen faſt unhörbaren Laut, alles ſo, wie er es ſich zum voraus vorgeſtellt hatte. Hier, bemerkt Klügel, ſey wohl ſchwerlich der Schall nach der geraden Linie in ſein Ohr gekommen,

p) Prieſtley's Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 262.

men, weil ſich ſonſt nicht ein ſo großer Unterſchied bey eröffneter und zugemachter Thür würde gezeigt haben. Durch eine einfache Reflexion hätte er auch nicht zu ihm gelangen können, und mehrere wären wegen des in dem Zimmer befindlichen hiezu ſehr untauglichen Geräthes nicht wohl möglich gewesen. Es müſſe daher durch die Ausbreitung zur Seite von der Thür her geſchehen ſeyn. Der Schall ſchien ihm nicht von der Thür herzukommen; ohne Zweifel deßwegen, weil er durch öftere Erfahrungen von der Gegend des Schalles zu urtheilen gewohnt war. Allein, meint er, auch ein des Orts ganz Unerfahrner würde vielleicht den Leſenden nicht in der Thür zu ſeyn geglaubt haben, weil das Urtheil des Ohres weit unzuverläſſiger ſey, als das des Auges, und ſich nach viel undeutlichern durch Gewohnheit erworbenen Regeln richte.

Brechung des Lichts, nebſt Beobachtungen über die brechende Kraft verſchiedener Körper.

Seit Carteſius hatten mehrere Phyſiker und Mathematiker verſucht, eine phyſikaliſche Urſache von der Brechung des Lichts zu geben. Einigen gefiel es, das Geſetz derſelben aus Endzwecken der Natur abzuleiten, andere aber ſuchten es auf eine mechaniſche Art zu erklären. In dieſem Zeitraume haben ſich noch Mehrere bemüht, dieß Geſetz phyſiſch zu erklären.

Der Herr von Maupertuis [q]) gründete ſeinen Beweis auf ſeinen Satz der kleinſten Wirkung. Die Natur wählt nämlich nach ſeiner Meynung überall den Weg, bey welchem die Wirkung (das Produkt aus der Maſſe in den Raum und die Geſchwindigkeit) ein Kleinſtes iſt. Da beym Lichte die Maſſe nicht in Betrach-

q) Mém. de Paris 1743. ingl. Mém. de Pruſſe 1746.

Betrachtung kommt, ſo muß beym Uebergange (fig. 48.) aus ſ in k, die Summe der Produkte aus ſc in die Geſchwindigkeit durch ſc, und aus ck in die Geſchwindigkeit durch ck ein Kleinſtes ſeyn. Hieraus folgt, daß ſich die Sinus des Einfalls- und Brechungswinkels umgekehrt, wie die Geſchwindigkeiten des Lichts in beyden Mitteln verhalten müſſen. Auch hiebey iſt, wie bey Carteſius und Leibniz, die Geſchwindigkeit im dichtern Mittel größer.

Auch verſuchte es der Herr von Mairan r) vermittelſt einer feinen flüſſigen Materie, welche die Zwiſchenräumchen aller Körper ausfüllen, und ſich, wie eine Atmoſphäre, ein wenig über ihre Oberflächen hinaus erſtrecken ſollte; und nimmt nun an, die Brechung des Lichts ſey nichts als eine nothwendige Folge davon, daß ein kleiner Körper in ſolchen Umſtänden auffällt. Das brechende Fluidum ſoll im Waſſer in größerer Menge als in Luft, aber in kleinerer Menge als im Glaſe, und überhaupt in einem dichtern Mittel häufiger, als in einem dünnern, enthalten ſeyn.

Euler s) hat in ſeine ſinnreiche Theorie des Lichts Huygens Beweis wieder aufgenommen. Da er aber nicht, wie Huygens, ſeine Schwingungen aus einzelnen neben einander liegenden Wirbeln zuſammenſetzt, ſo erhellt bey ihm nicht ſo deutlich, aus welchem Grunde die Pulſus ihre vorige Linie aus einer brechenden Materie in die andere ändern ſollen.

Nach Newton's Darſtellung (Th. III. S. 125. f.) wird der ankommende Lichtſtrahl ſchon in einer

r) Mémoir. de Paris. an. 1738.

s) Nova theoria lucis et colorum in Opuſ. var. arg. Berol. 1746. 4.

ner kleinen Entfernung von der brechenden Materie angezogen, und beſchreibt eine kleine Curve. Für dieſe Curve hat Clairaut t) einen allgemeinen Ausdruck geſucht, der alle Fälle begreift, wo ſich die Anziehung wie irgend eine Potenz der Entfernung verhält. Er findet aus demſelben das Verhältniß der Sinus des Neigungswinkels des erſten und letzten Elements der Curven, und es zeigt ſich, daß dieſes Verhältniß nicht von der Größe des Einfallswinkels abhange, ſondern bloß auf die Geſchwindigkeit des einfallenden Strahls, auf das Geſetz der Anziehung, und auf die Dichtigkeit der Mittel ankomme. Daher iſt es entſchieden, daß im Syſtem der Anziehung, ihr Geſetz ſey auch welches es wolle, das Brechungsverhältniß des Lichts bey einerley Mitteln immer daſſelbe bleibt.

D. Smith u) bemerkt, daß alle andere Theorien, außer der Newton'ſchen, annehmen, das Licht ſtoße auf die Körper, und leide von ihnen Widerſtand, welches aber durch keine einzige Erfahrung bewieſen ſey. Das Gegentheil erhelle vielmehr aus Newton's Sätzen, und ließe ſich auch aus Molineux und Bradley's Beobachtungen über die Parallaxe der Fixſterne zeigen, da ihre Strahlen weder von der ſchnellen Bewegung des Dunſtkreiſes der Erde, noch von dem Objektivglaſe, wodurch ſie gehen, einigen Anſtoß leiden. Ja aus Newton's Theorie von der Refraction, die ſich bloß auf Erfahrung gründe, erhelle, daß das Licht bey der Brechung in ein dichteres Mittel ſo wenig Widerſtand und Aufhaltung finde, daß es vielmehr darin geſchwinder, als im leeren Raume, gehe.

Ueber

t) Mémoir. de Paris. an. 1738.
u) Optik. Remarks. p. 70.

Ueber die brechende Kraft verſchiedener durchſichtiger Materien hat in dieſem Zeitraum vorzüglich der jüngere Euler Beobachtungen gemacht. Als der ältere Euler ein aus zwey Menisken zuſammengeſetztes Glas einmal mit Waſſer, das anderemal mit Weingeiſt gefüllt hatte, fand er in dem erſten Falle die Brennweite 8 Fuß, in dem zweyten aber nur 5 Fuß groß, ungeachtet die brechende Kraft dieſer Flüſſigkeiten nur in dem Verhältniſſe wie 73:75 von einander verſchieden iſt. Er hielt dieſe Art für die beſte und ſicherſte, die brechende Kraft aller durchſichtigen Flüſſigkeiten zu beſtimmen.

Der jüngere Euler brachte ſeines Vaters Entwurf in Ausführung x), indem er mit verſchiedenen Flüſſigkeiten Verſuche anſtellte, und vorher ſowohl die Richtigkeit der Methode erwieſen, als auch gezeigt hatte, was wegen der Brechung durch's Glas der Meniske abzurechnen ſey. Seine Beſchreibung, die er von ſeinem Verfahren bey dieſen Verſuchen giebt, zeigt, daß dieſe Methode außerordentlich leicht iſt. Es war nichts weiter nöthig, als ſeine zwey Gläſer, nachdem er ſie in den zu unterſuchenden Flüſſigkeiten gelegt hatte, an einander zu bringen, worauf ſie wegen des glatt geſchliffenen Randes ſogleich feſt an einander hiengen, ſo daß nichts herauslaufen, und man ſie wie ein einzelnes Objektivglas behandeln konnte. Alsdenn wurden ſie in eine lange Röhre geſteckt, welche ſich nach Belieben länger und kürzer machen ließ, und in welche noch ein Augenglas kam. Auf ſolche Art brauchte er nur die Länge des Fernrohres genau zu meſſen, wenn er dadurch einen ſehr weit entfernten Thurm deutlich ſehen konnte. War die Brennwei-

x) Mémoir. de l'Acad. de Berlin 1762. p. 302.

weite kleiner als Ein Fuß, ſo beobachtete er bloß, in welcher Entfernung von der Wand das Bild des gegen über liegenden Fenſters am deutlichſten ſich abmahlte.

Aus ſeinen Beobachtungen entwarf er folgende Tabellen:

Erſtes Paar von Menisken.

Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie
Deſtillirtes Waſſer - - -	1,3358:1
Regenwaſſer - - -	1,3358:1
Brunnenwaſſer - - -	1,3366:1
Franzwein - - -	1,3453:1
Franzbranntwein - -	1,3603:1
dito von einer ſtärkern Art -	1,3646:1
Rectificirten Weingeiſt - -	1,3685:1
Höchſt rectificirten Weingeiſt -	1,3706:1
Weißes aus einem Ey - - -	1,3685:1
Deſtillirten Weineſſig - -	1,3442:1
Eine Auflöſung arabiſchen Gummi's -	1,3467:1
Eine Auflöſung von 2 Skrup. weißen Zuckers in einer Unze Waſſer - -	1,3457:1
Eine Auflöſung von 2 Skr. Kochſalz in dito	1,3477:1
Eine Auflöſung von 2 Skr. Urinſalz in dito	1,3400:1
Provenceröl - -	1,4651:1
Terpentinöl - - -	1,4822:1

Zweytes Paar von Menisken.

Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie
Deſtillirtes Waſſer - - -	1,3358:1
Regenwaſſer - - - -	1,3358:1
Brunnenwaſſer - - -	1,3362:1
Franzwein - - -	1,3458:1
Franzbranntwein - -	1,3600:1

Franzbranntwein von einer ſtärkern Art -	1,3618 : 1
Rectificirten Weingeiſt -	1,3683 : 1
Höchſt rectificirten Weingeiſt - -	1,3705 : 1
Thee - - -	1,3376 : 1
Eine mit mineraliſch. Alkali geſätt. Solution	1,3600 : 1
Saurer Salpetergeiſt - - -	1,4025 : 1
Eine Auflöſ. von 2 Skr. Glaub. Salz in 1 Unze Waſſer - -	1,3430 : 1
Eine Auflöſ. von 2 Skr. Sylviſches Digeſtivſalz in dito - - -	1,3454 : 1
Eine Auflöſung von 2 Skr. Salmiak in dito	1,3488 : 1
Eine Auflöſung von 1 Skr. Eiſenvitriol in dito - - -	1,3395 : 1
Zerfloſſenes Weinſteinſalz - -	1,3917 : 1
Provenceröl - - -	1,4648 : 1
Terpentinöl - - -	1,4822 : 1

Die brechende Kraft einiger andern Flüſſigkeiten, welche er durch das zweyte Paar von Menisken den 18. Aug. 1761 unterſuchte, da Reaumürs Thermometer auf 31 Grad über dem Gefrierpunkte ſtand, verhielt ſich alſo:

Verhältniß der Brechung aus Luft in	iſt wie
Brunnenwaſſer - - - -	1,3351 : 1
Vier verſchiedene Salpeterauflöſungen	
12 Gran ganz gereinig. Salpeter in 1 Unze Waſſer - - -	1,3380 : 1
24 Gran - - - -	1,3398 : 1
48 Gran - - - -	1,3450 : 1
2 Drachmen - - - -	1,3450 , 1
Vier verſchiedene Infuſionen	
Von Peterſilie - - -	1,3351 : 1
Von Nußſchaalen - - -	1,3355 : 1

Von

Von Safran - - - -	1,3359 : 1
Von Pfirſchblättern - - -	1,3363 : 1
Selteſer Waſſer - - -	1,3353 : 1
Eger Waſſer - - - -	1,3358 : 1
Liquor anodynus - - -	1,3650 : 1
Kampherſpiritus - - -	1,3757 : 1
Spiritus von Sächſiſcher Seife -	1,4088 : 1

Euler bemerkt, daß Hawksbee's Beobachtungen nicht genau ſind. Die brechende Kraft des Weingeiſtes ſetze er weit größer an, als ſie Newton angebe, welcher ſich doch der ſtärkſten Art bedient habe. Auch die brechende Kraft des Weißen aus einem Ey gebe er geringer, als die des Franzbranntweins an, da ſie doch, wie er durch wiederholte Verſuche gefunden, ſo groß, als beym rectificirten Weingeiſte ſey. Ferner ſey nach Hawksbee die brechende Kraft des deſtillirten Weineſſigs ſo groß, wie die des Weingeiſtes, da er durch ſeine Verſuche ſie viel geringer, und nur ſo groß, wie die brechende Kraft des Franzweins gefunden habe.

Uebrigens fügt Euler noch folgende merkwürdige Bemerkungen bey: Es ſey keine Flüſſigkeit, und vielleicht gar kein durchſichtiger Körper überhaupt zu finden, deſſen brechende Kraft geringer, als die des Regenwaſſers oder des deſtillirten Waſſers wäre. Merkwürdig ſey es, daß zwiſchen Luft und Regenwaſſer kein Körper in Abſicht auf die Brechung falle.

Nach dem Regenwaſſer folge gleich das Brunnenwaſſer, das aber ſo verſchieden in Abſicht auf die Brechung ſeyn möge, als es verſchiedene Brunnen gebe. Das Brechungsverhältniß für daſſelbe ſey inzwiſchen vermuthlich zwiſchen den Grenzen 1,336 : 1 und 1,337 : 1 enthalten.

Alle Arten Salz in Waſſer aufgelöst vergrößerten vermuthlich deſſen Brechung.

Am wenigſten würde das Licht in Auflöſungen von Urinſalz und von Vitriol gebrochen; am meiſten in denen von Kochſalz und Salmiak. Das Brechungsverhältniß der Salzauflöſungen, wenn man einen Theil Salz zu 12 Theilen Waſſer nehme, werde zwiſchen 1,34 : 1 und 1,35 : 1 fallen.

Geiſtige Liquoren hätten ein deſto ſtärkeres Brechungsvermögen, je ſtärker ſie wären. Als Grenzen der Brechungsverhältniſſe könne man für ſie die Verhältniſſe 1,34 : 1 und 1,37 : 1 annehmen.

Deſtillirter Weineſſig und die Auflöſung von arabiſchem Gummi kämen in Abſicht auf die Brechung dem gewöhnlichen Franzweine ſehr nahe; und die Brechung durch Eyweiß ſey gleich mit derjenigen durch rectificirten Weingeiſt.

Die mit mineraliſchem Alkali geſättigte Auflöſung ſcheine daſſelbe Brechungsverhältniß wie ſehr ſtarker Branntwein zu haben.

Saurer Salpetergeiſt und zerfloſſenes Weinſteinſalz fielen in Rückſicht auf die brechende Kraft zwiſchen geiſtige Flüſſigkeiten und Oele.

Die brechende Kraft der Oele nähere ſich am meiſten derjenigen, die das Glas habe, beſonders das Terpentinöl, welches unter allen Flüſſigkeiten, die er unterſucht habe, die größte brechende Kraft beſitze.

Daß die verſchiedenen Grade der Wärme auf die brechende Kraft der Materien einen Einfluß haben möchten, war ſchon eine Muthmaßung von Newton; ſeine Methode aber, die Brechung überhaupt zu beſtimmen, war zu wenig zuverläſſig, um hierüber etwas

etwas beſtimmtes feſtſetzen zu können. Eulers Verfahren hingegen war hier ſchicklicher. Seine Bemühungen darüber ſind folgende:

1. Er hielt ein einfaches Objektivglas in ſiedendes Waſſer, bis es ſo heiß wie das Waſſer ward; maaß hierauf unmittelbar deſſelben Brennweite, und fand ſie 16 Zoll groß. Als die Linſe kalt geworden war, betrug ſie $16\frac{1}{4}$ Zoll. Bey dem Verſuche ſtand das Reaumür. Thermometer auf 14 Grad, und da an dieſem 80 Grad für die Hitze des kochenden Waſſers gelten, ſo hatte eine Vermehrung der Hitze von 66 Graden eine Verminderung der Brennweite von $\frac{1}{4}$ Zoll hervorgebracht.

2. Er füllte die Höhlung eines aus zwey Menisken zuſammengeſetzten Glaſes mit kochendem Waſſer an, und fand die Brennweite 45 Zoll, welche nur 41,44 Zoll groß blieb, wenn das Waſſer kalt geworden war. Das Thermometer ſtand auf 34 Grade.

3. Wie das Thermometer 3 Grade unter dem Gefrierpunkte ſtand, hielt er ein einfaches Objektivglas über kochendes Waſſer, bis das Thermometer, das hart an das Glas gehalten ward, auf 30 Grade ſtieg, maaß darauf ſogleich die Brennweite, und fand ſie 48,31 Zoll. Nachdem das Glas ſo weit kalt geworden, daß das Thermometer nur 8 Grade Wärme zeigte, war die Brennweite um $\frac{1}{4}$ Zoll größer geworden; und wie es ganz kalt geworden war, und das Thermometer wieder 3 Grade unter dem Gefrierpunkte ſtand, war die Brennweite noch um $\frac{1}{4}$ Zoll größer. Sie war alſo durch eine Hitze von 33 Graden um einen halben Zoll vermindert.

4. Er füllte die Höhlung zweyer Menisken mit Brunnenwaſſer, hielt ſie über ſiedendes Waſſer, wäh-

rend das Thermometer von 3 Grad unter dem Gefrierpunkte bis zu 30 Grade darüber ſtieg, und fand alsdenn die Brennweite 37,56 Zoll. Sie ward 32,44 Zoll, da das Thermometer bis auf 6 Grade heruntergefallen war, und 31,44 Zoll bey einem halben Grad Wärme. Wie das Thermometer 3 Grad unter dem Gefrierpunkte ſtand, gefror das Waſſer und ward undurchſichtig.

5. Da er dieſelben Menisken bey eben dem Stande des Thermometers, nämlich 3 Grad unter dem Gefrierpunkte, mit Franzbranntwein gefüllt hatte, fand er die Brennweite 18,31 Zoll. Wie dieß zuſammengeſetzte Glas bis auf 30 Grad Wärme erhitzt war, ward die Brennweite um 7,13 Zoll größer.

6. Da er die nämlichen Menisken bey dem vorigen Stande des Thermometers mit einer Auflöſung von Kochſalze gefüllt hatte, war die Brennweite 21,81 Zoll; dieſe ward um 2,88 Zoll größer, nachdem das Linſenglas bis zu 30 Grad Wärme erhitzt war.

7. Da er eben dieſe Menisken mit Olivenöl beym Thermometerſtand von 8 Grad unter dem Gefrierpunkte gefüllt hatte, war die Brennweite 6,75 Zoll; wie ſie aber in die Wärme gebracht wurden, da das Thermometer 50 Grade zeigte, war die Brennweite 7,37 Zoll.

8. An demſelben Tage, bey eben dem Stande des Thermometers, füllte er dieſelben Gläſer mit Egerwaſſer, und fand die Brennweite 36,50 Zoll; als aber das Thermometer auf 50 Grad über dem Gefrierpunkte, in allem 58 Grad, geſtiegen war, ward die Brennweite 53 Zoll.

Aus dieſen Verſuchen ſchließt Euler folgendes: Der erſte und dritte Verſuch zeigen, daß die Brennwei-

weite einer einfachen Linſe abnimmt, ſo wie ihre Erwärmung zunimmt. Dieſe Verminderung der Brennweite iſt nicht etwa einer Veränderung des körperlichen Raums zuzuſchreiben; denn dieſe iſt gegen die hier beobachtete Wirkung viel zu klein, und müßte vielmehr eine entgegengeſetzte Wirkung hervorbringen. Sie rührt alſo ohne Zweifel von einer Veränderung der Brechungskraft des Glaſes ſelbſt her, daß alſo durch die Wärme die Brechungskraft des Glaſes, und vermuthlich auch aller andern durchſichtigen Körper, vergrößert, und durch die Kälte vermindert wird.

Man könnte ſich wundern, daß, da die Brennweite einer einfachen Linſe durch die Hitze vermindert wird, die Brennweite der Menisken, wenn ſie mit irgend einer Flüſſigkeit gefüllt waren, durch die Hitze zunähme. Allein Euler bemerkt, es folge hieraus noch nicht, daß dieſe Materien von der Hitze auf eine andere Art verändert werden, als das Glas, und ſchließt vielmehr, nachdem er alle Umſtände dieſes zuſammengeſetzten Verſuchs erwogen, daß die Hitze die Brechungskraft des Waſſers und aller andern Flüſſigkeiten ſo gut, wie die des Glaſes, vermehre.

Der Düc de Chaulnes y), welchem die bisher gebrauchten Methoden, die Brechung des Glaſes zu beſtimmen, nicht Genüge leiſteten, fiel auf eine andere ſehr ſinnreiche. Er ließ nämlich das Glas in Platten formen, deren Oberflächen völlig eben und parallel waren, auf welche er kleine Gegenſtände legte, worauf er vermittelſt eines zuſammengeſetzten Mikroſkops, welches ein gutes Mikrometer hatte, die verſchiedenen Entfernungen, in welchen dieſe Gegenſtände deut-

y) Mémoir. de l'Acad. de Berlin 1767. p. 431.

deutlich zu ſehen waren, bemerkte, und ſie mit der Dicke des Glaſes verglich. Hieraus finde man, ſagt er, das Brechungsverhältniß für ſolches Glas unmittelbar. Man ſetze (fig. 49.) a und b wären zwey Punkte an den beyden Oberflächen, und ein Gegenſtand befinde ſich in a, ſo werden die Strahlen bey d und e ſo gebrochen werden, daß der ſcheinbare Ort in c iſt, und die Entfernung ca wird von der brechenden Kraft des Glaſes abhangen.

Auf dieſe Art beſtimmte er die mittlere Brechungskraft von 50 Arten des Glaſes. Sein Kronglas war 2,78 Zoll dick, und ſchien durch die Brechung nur 1,85 Zoll dick, woraus das Brechungsverhältniß 1 : 0,665 folgt. Für Flintglas war die wahre Dicke 2,42, die ſcheinbare 1,52, das Brechungsverhältniß 1 : 0,628.

Strahlenbrechung durch die Atmoſphäre und Blinkern der Fixſterne.

Seit Mariotte's Zeiten haben mehrere Mathematiker den Weg des Lichts durch die Luft als eine krumme Linie betrachtet, und aus den Eigenſchaften derſelben richtigere Verhältniſſe der Strahlenbrechungen in verſchiedenen Höhen herzuleiten geſucht. Brook Taylor erklärte dieſe Curve als eine von den verwickeltſten und ſchwerſten, die man nur aufgeben könne.

Simpſon [z]) beſchäftigte ſich auch mit der Entwickelung dieſer krummen Linie, und folgerte aus ſeinen Unterſuchungen das Geſetz, daß ſich die Brechungen in verſchiedenen Höhen, wie die Tangenten der um

z) Mathematical diſſert. p. 46.

um $\frac{11}{4}$ der Brechungen verminderten Abſtände vom Zenith verhalten.

Tobias Mayer [a]), welcher bey ſeinen Beobachtungen mit dem Göttingiſchen Mauerquadranten ſeine Abſicht vorzüglich auf die Strahlenbrechung richtete, fand die Aenderung der Refraction den Aenderungen des Thermometers proportional, und gab 1753 folgende mit allgemeinem Beyfall aufgenommene Regel an: die mittlere Strahlenbrechung für 28 Zoll Barometerhöhe und 10 Grad Wärme verändert ſich bey 15 Linien Veränderung des Reaumür'ſchen Thermometers um den 22ten Theil ihrer Größe. Dieſe Regel giebt für 1 Grad des Thermometers $\frac{1}{220}$.

Mayer theilte dieſe ſeine Regel dem de la Caille [b]) zu Paris mit, welcher ſie zwar billigte; da er aber unter den bisher berechneten Tafeln der Refraction ſo wenig Uebereinſtimmung fand, ſo entſchloß er ſich, dieſen Gegenſtand einer genauen Unterſuchung zu unterwerfen, und fand eine neue ſinnreiche Methode, die Refraction durch Beobachtung zu beſtimmen. Er wählte nämlich zwey Sterne, wovon der eine nahe durchs Zenith von Paris und zugleich nahe am Horizonte des Caps der guten Hoffnung vorbeygieng, indem der andere nahe am Horizonte von Paris und beym Zenith des Caps ſich befand, beobachtete dieſe, und verglich die Beobachtungen mit einander. So fand er die Veränderung der Refraction für 10 Grade $\frac{1}{27}$ oder für 1 Grad Wärme $\frac{1}{270}$. Nach de la Caille hat de la Lande [c]) eine Refractionstafel berechnet.

Sehr

a) Opera inedita cura *Lichtenbergii.* Vol. I.
b) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1755.
c) Expoſition du calcul aſtronom. à Paris 1762. 8. p. 251. 252.

Sehr genaue Unterſuchungen über die Strahlenbrechung der Atmoſphäre hat Euler d) angeſtellt, in ſo fern die Veränderungen der Wärme und der Elaſticität auf ſie einen Einfluß haben, und gezeigt, daß die Brechung, bis auf eine beträchtliche Entfernung vom Scheitelpunkte hin, ſich hinlänglich genau, wie die Tangente dieſer Entfernung verhalte, und daß ſie mit den Barometerhöhen in einem ordentlichen, mit den Unterſchieden der Thermometerhöhen aber in einem verkehrten Verhältniſſe ſtehe. Nur wenn die Sterne nahe am Horizonte ſind wachſen die Abweichungen ſchneller, beſonders bey veränderter Wärme.

Im Jahre 1760 glaubte Bradley ſeinen Beobachtungen zu Folge mit Simpſon den Satz annehmen zu dürfen, daß ſich die Brechungen in verſchiedenen Höhen, wie die Tangenten der um 3 (nach Simpſon $\frac{11}{4}$) der Brechungen verminderten Entfernungen vom Scheitelpunkte verhielten. Setzt man alſo hiernach die ſcheinbare Entfernung vom Scheitelpunkte $= z$, und die Brechung $= \varrho$, ſo verhält ſich ϱ wie tang. $(z - 3\varrho)$; und wenn ϱ klein iſt, ſo läßt ſich ohne Fehler annehmen, es verhalte ſich wie tang. z ſelber, daher die Strahlenbrechungen von 45° Höhe an bis zum Scheitelpunkte ziemlich genau im Verhältniſſe der Tangenten der Entfernungen vom Scheitelpunkte abnehmen. Für größere ϱ in Höhen unter 45° iſt, wenn die Horizontalrefraction $=$ h geſetzt wird,

$$\text{tang.}\,(90^\circ - 3\varrho) : \text{tang.}\,(z - 3\varrho) = h : \varrho.$$

Nach dieſer Regel hat de la Lande eine Beobachtungstafel für Bradley's Beobachtungen berechnet, welche ſich in der Berliner Sammlung aſtronomiſcher Ta-

d) Mémoir. de l'Acad. de Berlin 1754. p. 131.

Tafeln [e]) befindet, und bey den Aſtronomen am meiſten im Gebrauche iſt. Ein kurzer Auszug daraus iſt dieſer:

ſcheinbare Höhe	Strahlenbrechung		ſcheinbare Höhe	Strahlenbrechung		ſcheinbare Höhe	Strahlenbrechung	
Grad	′	″	Grad	′	″	Grad	′	″
0	32	24	9	5	58	50	0	49
1	24	21	10	5	24	55	0	41
2	18	41	15	3	36	60	0	34
3	14	46	20	2	40	65	0	28
4	12	3	25	2	6	70	0	21
5	10	5	30	1	42	75	0	16
6	8	39	35	1	24	80	0	10
7	7	32	40	1	0	85	0	5
8	6	40	45	0	59	90	0	0

Die vornehmſte Wirkung der Refraction iſt dieſe, daß ſie alle Höhen der Geſtirne vergrößert, daher man von jeder beobachteten ſcheinbaren Höhe erſt die ihr zugehörige Größe der Strahlenbrechung abziehen muß, um ihre wahre Höhe zu finden. Es wird daher durch die Strahlenbrechung verurſacht, daß die aufgehenden Geſtirne ſchon im Horizonte geſehen werden, wenn ſie eigentlich noch darunter ſtehen, und daß die ſchon untergegangenen noch eine Zeitlang ſichtbar ſind. Die Refraction verlängert alſo die Zeitdauer ihrer Sichtbarkeit. Weil nun die Horizontalrefraction etwa 32′ beträgt, und die ſcheinbaren Durchmeſſer der Sonne und des Mondes faſt eben ſo groß ſind, ſo macht dieſe Verlängerung ſo wohl früh, als Abends ſo viel Zeit aus, als der Durchmeſſer dieſer Geſtirne Zeit braucht, ſich durch den Horizont zu ſchieben. In

e) B. III. S. 228. 229.

In unſern Gegenden beträgt dieß nach Käſtner f) bey der Sonne

für den Aequinoctialtag	3 Min.	37 Sek.
für den längſten Tag	4 —	15 —
für den kürzeſten Tag	4 —	34 —

daß folglich die Zeitdauer unſers längſten Tages durch die Strahlenbrechung noch um $8\frac{1}{2}$ Minute vergrößert wird.

Innerhalb der kalten Zonen wird der beſtändige Tag, der daſelbſt im Sommer ſtatt findet, durch die Horizontalrefraction beträchtlich verlängert, beſonders da dieſe wegen der kalten und dichten Luft daſelbſt ſehr ſtark iſt. Die Niederländer, welche 1597 mit Hemskerk und Wilhelm Barentß in Novazembla unter 76° Breite überwinterten, ſahen den Rand der Sonne ſchon am 24ten Januar wieder, da ſie ihn der Rechnung nach ohne die Brechung erſt am 10ten Februar hätten ſehen können. Aus dieſem ſchon von Kepler angeführten Beyſpiele folgt die dortige Horizontalrefraction = $4\frac{1}{2}$ Grad, faſt 9mahl größer, als die Beobachtungen ſie ſonſt geben, welches faſt unglaublich ſcheint. Allein Käſtner g) zeigt aus einer holländiſchen Sammlung von Reiſebeſchreibungen, welche 1646 herausgekommen iſt, daß in der Nachricht von Barentß dritter Schiffarth wirklich die oben erwähnten Tage angegeben ſind.

Auch hat die Brechung des Lichts in der Atmoſphäre auf die ſcheinbaren Orte irdiſcher Höhen, mithin auch auf die geometriſche Höhenmeſſung Einfluß. Die-

f) Aſtronom. Abhandl. Samml. I. Götting. 1772. 8. S. 410.

g) Anmerk. zu Lulofs Kenntniß der Erdkugel. §. 466.

Dieſen Gegenſtand haben Mayer [h]) und Lambert [i]) unterſucht. Letzterer hat daraus ſehr glückliche Verbeſſerungen der beobachteten Höhen der Berge hergeleitet, und gezeigt, daß ſie auf ſolche Art mit den Barometerhöhen ſehr gut zuſammenſtimmen. Er erweiſet zuerſt, daß man bey mäßigen Entfernungen, welche auf der Erde vorkommen, den Weg des Lichtſtrahls für einen Kreisbogen annehmen könne, und dann, daß der Halbmeſſer dieſes Bogens ſiebenmahl größer iſt, als der Erdhalbmeſſer. Hierauf giebt er eine Tabelle, worin berechnet iſt, wie viel man von der ſcheinbaren Höhe eines Gegenſtandes, deſſen Spitze in der Horizontallinie erſcheint, abziehen müſſe, um die wahre Höhe zu haben. Einen Auszug hievon giebt folgende Tafel, in welcher franzöſ. Toiſen zu verſtehen ſind.

Toiſen, welche von der ſcheinbaren Höhe abzuziehen ſind	Entfernung des Berges	Toiſen, welche von der ſcheinbaren Höhe abzuziehen ſind	Entfernung des Berges
1	6761	20	30238
2	9562	30	37035
3	11711	40	42764
4	13523	50	47812
5	15119	60	52375
6	16562	70	56571
7	17889	80	60477
8	19124	90	64146
9	20285	100	67615
10	21388		

Als

h) De refractionibus objectorum terreſtr. Gott. 1751.

i) Propriétés de la route de la lumière p. 87. ſqq.

Als Lambert nach dieſen Rechnungen die von Caſſini gemeſſenen Höhen einiger Berge verbeſſerte, fand er, daß ein Paar derſelben um 80 Toiſen zu klein, andere 40 bis 50 Toiſen zu groß angeſetzt waren, ſo daß es kein Wunder war, daß die Barometerhöhen mit den gemeſſenen Höhen nicht übereinſtimmen wollten, da ſie hingegen zu den verbeſſerten Höhen ſich vortrefflich ſchickten. Seine Berechnungen der Höhen der Oerter über der Meeresfläche aus den ihnen zugehörigen Barometerhöhen hat er in eine Tabelle gebracht, wovon folgende ein Auszug iſt.

Barometerhöhe	Höhe des Ortes	Barometerhöhe	Höhe des Ortes
27 Zoll 11 Lin.	12,0 Toiſ.	26 Zoll	306,6 Toiſ.
— - 10 -	24,1 -	25 -	472,8 -
— - 9 -	36,3 -	24 -	647,9 -
— - 8 -	48,6 -	23 -	829,7 -
— - 7 -	60,9 -	22 -	1020,8 -
— - 6 -	73,3 -	21 -	1221,2 -
— - 5 -	85,7 -	20 -	1431,8 -
— - 4 -	98,2 -	19 -	1652,5 -
— - 3 -	110,8 -	18 -	1887,4 -
— - 2 -	123,3 -	17 -	2134,8 -
— - 1 -	136,0 -	16 -	2397,3 -
27 - — -	148,7 -	15 -	2677,0 -
26 - — -	306,6 -	14 -	2976,0 -

Lambert's Berechnungen ſetzen aber voraus, daß die brechende Kraft der Luft unveränderlich ſey; da aber dieſes nicht iſt, ſo muß man ſeine Regeln als blos für den mittleren Stand der Luft gültig anſehen.

Nettle-

k) Philoſ. Tranſact. num. 388. p. 308.

Nettleton k) beobachtete eine ſehr merkwürdige Veränderlichkeit der brechenden Kraft der Atmoſphäre nicht weit von Halifax in Yorkſhire, woraus erhellet, wie wenig man ſich auf die aus Winkelmeſſungen berechneten Höhen der Berge verlaſſen könne, wenn der Einfluß der Refraction nicht in Betrachtung gezogen wird. Als er durch die Erfahrung ausmachen wollte, wie viel das Barometer in jeder gegebenen Höhe herabfiele, beſchloß er, die Höhen einiger der dortigen höchſten Hügel zu meſſen, fand aber bey der Ausführung ſo viele Schwierigkeiten von Seiten der Strahlenbrechung, daß er zu keiner Gewißheit kommen konnte. Er hatte an einem heitern Tage die Höhe eines ziemlich hohen Berges gemeſſen, und die Höhe des Queckſilbers ſowohl am Fuße, als auch auf der Spitze beobachtet, woraus er ſchloß, daß man, wenn das Queckſilber $\frac{1}{10}$ Zoll fallen ſoll, 90 und mehrere Fuß in die Höhe ſteigen müſſe. Wie er aber an einem trüben Tage, da die Luft weit mehr mit Dünſten beſchwert war, den Verſuch wiederholte, fand er die kleinen Winkel durch die Strahlenbrechung ſo vergrößert, daß der Hügel viel größer als vorher ſchien. Er ſtellte nachher in ſeinem eigenen Hauſe öfters dieſen Verſuch an, daß er mit einem Quadranten nach einigen benachbarten Hügeln hin viſirte, und fand, daß ſie des Morgens vor Sonnenaufgang, auch des Abends ſpät, um einige Minuten höher ſchienen, als des Mittags bey heiterer Luft. Einmahl fand er zwiſchen den Höhen deſſelben Hügels einen Unterſchied von mehr als 30 Minuten. Hieraus ſchließt er, daß die beobachteten Höhen ſehr hoher Berge, beſonders wenn man ſie, wie es gewöhnlich der Fall iſt, von ferne unter kleinen Winkeln ſieht, gar nicht zuverläſſig ſind.

Was

k) Philoſoph. Tranſact. n. 388. p. 308.

Was das Blinkern der Fixſterne betrifft, ſo wird in der Hiſtoire de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1743 berichtet, daß die Urſache dieſer Erſcheinung der gewöhnlichen Meynung nach von den Dünſten in der Atmoſphäre abhange. Es würde aber hiezu vorzüglich erfordert, daß das Licht der Himmelskörper ſehr lebhaft ſeyn müſſe. Daher komme es, daß die Planeten kein funkelndes Licht, wie die Fixſterne, zeigten. Indeſſen bemerke man doch an der Venus und dem Merkur, daß ſie bisweilen funkelten, indem ſie der Sonne ſehr nahe wären, und daher das von ihr geborgte Licht mit größerer Lebhaftigkeit zu uns ſenden könnten. Daß dieß wirklich die Urſach des Funkelns der Sterne iſt, wird beſonders durch die Beobachtungen, welche Garcin in dem heißen Arabien und an andern Orten von heißen Erdſtrichen gemacht hat, beſtätigt. Dieſer hatte nämlich in dieſen heitern Gegenden gar kein Funkeln an den Sternen wahrgenommen. Blos in der Mitte des Winters beobachtete er dergleichen, aber doch ſehr ſchwach. Dieß nämliche hatte auch de la Condamine in Peru geſehen.

Muſſchenbroek [l]) wollte zwar einen Theil dieſer Erſcheinung in der Wirkung des lebhaften Lichts der Sterne aufs Auge ſuchen; alsdenn aber müßten ſie um den Scheitelpunkt am ſtärkſten funkeln, weil ihr Licht von daher am ungeſchwächſten ins Auge kommt.

Michell [m]) ſuchte die Urſache des Blinkerns in einer ungleichen Dichtigkeit des von den Sternen aus-

l) Introduct. ad philoſoph. natural. Vol. II. §. 1741.

m) Philoſ. Tranſact. Vol. LVII. p. 262.

ausgehenden Lichts. Es möchten nur ſehr wenige Lichttheilchen, vielleicht nur drey oder vier, in einer Sekunde Zeit in das Auge kommen, und doch könne der Gegenſtand immer ſichtbar bleiben. Der Eindruck könne augenblicklich, und die Empfindung deſſelben von einiger Dauer ſeyn. Folglich möchten der Lichtſtrahlen, die ſelbſt von dem Sirius in einer Sekunde ins Auge kommen, nicht über drey- bis viertauſend, und von den Sternen der zweiten Größe nicht über hundert ſeyn. Die ſcheinbare Ab- und Zunahme des Lichts, welche man bey dem Blinkern der Fixſterne wahrnehme, möge etwa in einer Sekunde vier bis fünfmal geſchehen. Demnach wäre es wohl möglich, daß das Blinkern daher entſtünde, weil in einer ſo kurzen Zeit, wie der vierte oder fünfte Theil einer Sekunde, die Strahlen natürlich bisweilen dichter, bisweilen dünner ins Auge kämen. Wenn einmahl zwey oder drey auf zwanzig Strahlen mehr, und gleich darauf zwey oder drey weniger ins Auge kommen, ſo glaubt er, müſſe der Unterſchied ſchon merklich ſeyn.

Nachher bekam Michell aber doch einen Zweifel, ob die ungleiche Dichtigkeit des Lichts auch ſo vielen Einfluß, wie er geglaubt hätte, haben könnte, beſonders da er bemerkte, daß auch die Venus bisweilen funkele. Einmahl, da ſie etwa 6 Grad hoch ſtand, that ſie dieß ſehr ſtark, ungeachtet Jupiter, der damals etwa eine Höhe von 16 Graden hatte und lange nicht ſo helle war, ganz und gar nicht blinkerte. Wenn daher, ungeachtet der vielen Strahlen, welche von einer ſolchen Oberfläche, als dieſer Planet uns entgegenſtellt, ins Auge kommen, er dennoch dem Blinkern unterworfen iſt, ſo müſſe dieſes

wohl von wellenartigen Bewegungen in der Atmoſphäre herrühren, die eine jede andere mitwirkende Urſache ganz merklich machen.

Einige Aſtronomen haben das Blinkern der Fixſterne aus der höchſt geringen Kleinheit ihrer Durchmeſſer erklären wollen, weßhalb ſie durch jedes in der Luft ſchwimmende Stäubchen dem Auge entzogen würden. Allein Michell [n]) bemerkt, daß ein Körper, der dem Auge ſelbſt einen mathematiſch unendlich entfernten Punkt verdecken ſolle, doch ſo groß als der Augenſtern ſeyn müßte.

Eine Erſcheinung am Himmel, welche ſich aus der Bewegung der in der Atmoſphäre herumſchwimmenden gröbern Dünſte und Theilchen erklären läßt, iſt die, welche Lambert [o]) bey Gelegenheit des Durchgangs der Venus durch die Sonne im Jahre 1769 beobachtet hat. Er ſahe nämlich dieſen Planeten durch ein gutes Spiegelteleſkop, bey ſeinem Eintritt in die Sonne, ſich wie eine Ente ins Waſſer eintauchen und wieder zurückziehen, und ſchien in einer Zeit von einigen Sekunden zuweilen in einer länglichten Figur bis über $1\frac{1}{2}$ Minuten tief eingeſenkt, gleich darauf aber wiederum ganz heraus zu ſeyn; und da die Sonne mit ihrem untern Rande am Horizonte war, ſo ſchien es, als wäre am obern Rande nordwärts ein ganzes Stück von der Sonne weggekommen, welches ſich aber gleich wieder herſtellte. Vorher, da die Sonne etwa noch 3 Grade über dem Horizonte ſtand, ſahe ihr Rand rings herum, beſonders aber oben und unten, ſehr höckericht, wie eine Säge, aus.

Die

n) Edinburgh eſſays. Vol. II. p. 262.

o) Anmerkungen zu Picard's Abhandl. vom Waſſerwägen §. 53. S. 248.

Dieſe Erſcheinungen ſchreibt Lambert gewiſſen augenſcheinlichen Veränderungen in der horizontalen Strahlenbrechung zu. Herr Klügel [p]) bemerkt hiebey, er ſey zwar geneigt, dieſelben aus der wallenden Bewegung der gröbern untern Luft zu erklären, ſo wie man durch einen aufſteigenden Rauch die Gegenſtände wanken ſieht, aber deßwegen ſey er doch nicht geneigt, eben dieſer Urſache das Blinkern der Fixſterne zuzuſchreiben. Denn warum blinkern die Fixſterne allein und die Planeten nicht, oder doch nur einige derſelben ſelten? und warum ſcheinen die Fixſterne Strahlen zu ſchießen, da ſie vielmehr nebſt den Planeten ſich hin und her bewegen müßten?

Es wäre gut, ſagt Herr Klügel, wenn man erſtlich beſtimmter die Art und Weiſe erklärt hätte, wie die Strahlen, wenn ſie durch ein wallendes Mittel gehen, hin und her wankend gemacht werden. Vielleicht ſey dieß irgendwo geſchehen, und vielleicht ſeine Schwierigkeiten gehoben. Sonſt aber bleibe noch folgende Erklärung übrig. Der Reiz des Lichts auf der Netzhaut verurſache vielleicht eine ganz kleine Bewegung, ein kleines Zittern der Fibern, und das Bild des leuchtenden Punkts falle daher bald auf den einen, bald auf den andern Punkt der Netzhaut. Dauert nun der Eindruck noch auf der einen Stelle fort, wenn ſchon die andere gerührt wird, ſo wird das Bild des leuchtenden Punkts größer, als es ſonſt ſeyn würde; es wird bald auf dieſer bald auf jener Seite heller; da nämlich, wohin der letzte Eindruck fällt; und es ſcheint Strahlen zu ſchießen. Dieſes mag der Fall bey

p) Prieſtley's Geſchichte der Optik, in der Ueberſetzung S. 374.

bey den Sternen, als einzelnen leuchtenden Punkten, ſeyn. Die Planeten ſchießen keine Strahlen, weil ihr Licht gewöhnlich zu ſchwach iſt, als daß der vorhergehende Eindruck auf eine gewiſſe Stelle der Netzhaut noch neben dem folgenden auf eine andere nächſte Stelle fortdauern könnte. Dagegen blinkern die Fixſterne durch ein Fernrohr betrachtet auch nicht, weil alsdenn ihr Bild weit heller iſt, und der jedesmalige Eindruck auf eine Stelle den vorhergehenden auf einer nächſtgelegenen verdunkelt. Eben ſo geht es, wenn die Luft, wie in einigen Morgenländern, ſehr rein und klar iſt. Eine dicke Atmoſphäre zerſtreuet die Strahlen, welche durch die Brechung überdem ſelten als von einem Punkte ausfahrend erſcheinen. Das Bild eines Sterns wird daher undeutlicher und ſchwächer erleuchtet. Durch eine reine Atmoſphäre iſt es deutlicher und ſtärker erleuchtet. Es ſcheine hier, wie es auch ſonſt in phyſikaliſchen, moraliſchen und politiſchen Dingen zu gehen pflegt, zu viel und zu wenig ähnliche Wirkungen zu haben.

Verſchiedene Zerſtreuung der Lichtſtrahlen, wie ſie von ihrer verſchiedenen Brechbarkeit nicht abhängt.

Eine der wichtigſten Entdeckungen dieſes Zeitraumes iſt diejenige, welche Dollond in Abſicht der Brechung des Lichts machte, und welche ihm Veranlaſſung zu der vortrefflichen Verbeſſerung der Fernröhre gab. Newton, welcher die verſchiedene Brechbarkeit der Lichtſtrahlen entdeckt, und die daraus entſtehende Abweichung der Gläſer mit Recht für die Haupturſache der Undeutlichkeit in den Fernröhren erkannt hatte, ließ ſich bey dieſer wichtigen Entdeckung dennoch zu einem Irrthume verleiten. Er glaubte nämlich, die verſchiedenen bey der Brechung von einander

ander geſonderten Farbenſtrahlen würden von allen brechenden Mitteln in einerley allgemeinem Verhältniſſe zerſtreuet; wenn alſo die Brechung der Strahlen von der mittleren Gattung beſtimmt ſey, ſo ſey dadurch auch die Brechung der von den äußerſten Gattungen, d. i. der rothen und violetten, gegeben, das brechende Mittel möchte ſeyn, welches es wolle. Dieſen Satz ſahe er als eine nothwendige Folge eines ſeiner Verſuche an. Er glaubte nämlich gefunden zu haben [q]), daß das Licht, durch wie viel verſchiedene brechende Mittel es auch immer gehen möchte, allezeit weiß bleibe, wenn des Strahles Richtung beym Ausgange der beym Eingange parallel ſey; hingegen allezeit in Farben zerſtreuet werde, wenn der ausgehende Strahl eine andere Richtung nehme, als er beym Eingange gehabt habe. Weil nun aus dem Objektivglaſe eines Fernrohrs die von weit entfernten Punkten einfallenden Strahlen ſo ausgehen müſſen, daß ſie nach dem Brennraume zuſammenfallen, und alſo ihre Richtung beym Ausgange nie mit ihrer Richtung beym Eingange in das Glas parallel bleiben kann, ſo hielt er es für eine entſchiedene Unmöglichkeit, durch das Objektivglas eines Fernrohrs weißes Licht und ungefärbte Bilder zu erhalten. Er zog daher ſeine Gedanken von der Verbeſſerung der Objektivgläſer gänzlich ab, und verwendete alle ſeine Bemühungen blos auf die Spiegelteleſkope.

Bey dem großen Anſehen, in welchem Newton's Behauptungen und Verſuche ſtanden, blieb die Frage von Vermeidung der Farbenzerſtreuung bey Ob-

q) Optice latin. redd. a *Sam. Clarke.* Lond. 1706. 4. L. I. P. II. exper. 8.

Objektivgläſern auf achtzig Jahre lang unberührt, bis endlich Euler im Jahre 1747 den Vorſchlag that [r]), die Objektivgläſer zur Vermeidung der Farbenzerſtreuung aus verſchiedenen brechenden Materien zuſammenzuſetzen, und ſtatt eines Glaſes deren zwey, mit dazwiſchen gefülltem Waſſer zu gebrauchen. Dieſer Gedanke Euler's gründete ſich zum Theil auf einen von Newton ſelbſt in anderer Abſicht gegebenen Wink, zum Theil auf die Betrachtung der Mittel, deren ſich die Natur bey dem Baue des menſchlichen Auges bedient hat.

Schon Newton, ſagt Euler, hat vermuthet, daß Objektivgläſer aus zwey Linſen, deren Zwiſchenraum mit Waſſer angefüllt wäre, zur Verbeſſerung der Fernröhre, in Abſicht auf die Abweichung wegen der Geſtalt der Gläſer, dienen könnten; aber den Gedanken, daß man durch eben dieſes Mittel den Raum verkleinern könne, durch welchen ſich die Vereinigungspunkte der verſchiedenen Farbenſtrahlen ausbreiten, ſcheint er dabey ganz und gar nicht gehabt zu haben. Mir hingegen iſt es ſogleich vom erſten Anfange an wahrſcheinlich geweſen, daß man durch gewiſſe Zuſammenſetzungen verſchiedener durchſichtiger Mittel auch dieſen Fehler werde abhelfen können, und ich bin überzeugt, daß die verſchiedenen Feuchtigkeiten in unſerm Auge ſo geordnet ſind, daß durch dieſelben die Ausbreitung und Zerſtreuung der Vereinigungspunkte gänzlich gehoben wird. Dieß iſt, ſo viel ich glaube, eine ganz neue Seite, von welcher der Bau des Auges unſere Verwunderung verdient; denn wäre

r) Sur la perfection des verres objectifs des lunettes in den Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Pruſſe 1747. p. 277. ſuiv.

wäre es nur darauf angekommen, Bilder der Objekte im Auge darzuſtellen, ſo wäre dazu ein einziger durchſichtiger Körper hinreichend geweſen, wofern er nur die dazu nöthige Geſtalt gehabt hätte. Sollte aber das Auge ein vollkommenes Werkzeug ſeyn, ſo mußten mehrere verſchiedene durchſichtige Materien dazu gebraucht, und in gehöriger Geſtalt nach den Regeln der erhabenſten Geometrie verbunden werden, damit die Deutlichkeit des Bildes nicht durch die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen geſtört würde.

Um die hieher gehörige Entdeckung richtiger und gründlicher einzuſehen, halte ich es für nöthig, zugleich die hierüber vorgetragenen Theorien der verſchiedenen Mathematiker kürzlich mit anzuführen. Nach Newton iſt ſie dieſe: Es ſey (fig. 50.) efa ein prismatiſches mit Waſſer gefülltes Gefäß, in demſelben befinde ſich das gläſerne Prisma cbd, und der brechende Winkel ſey aufwärts gekehrt. In der Ebene, welche die Figur als einen auf den Seitenlinien des Prisma ſenkrechten Schnitt vorſtellt, falle der Strahl gh auf die Seite ea des Prisma und werde durchs Waſſer im Raume bce, durchs Glas im Raume bcd, und wieder durchs Waſſer im Raume bdf in die Lagen hi, ik, kl, lm gebrochen. Durch h, i, k, l ziehe man die Einfallslothe tp, pq, qr, rſ, und ſetze für die Strahlen der mittleren Brechbarkeit das Brechungsverhältniß aus Glas in Luft $= 1 : n$, aus Luft in Waſſer $= m : 1$, ſo iſt es aus Glas in Waſſer $= m : n$. Sind nun alle hier vorkommende Winkel ſo klein, daß ſie ihren Sinuſſen proportional geſetzt werden können, ſo iſt $phi = \frac{1}{m}\, ght$, $pih = bce - phi$ oder $pih = pce - \frac{1}{m}\, ght$, alſo

ſo $gik = \frac{m}{n} pih = \frac{m}{n} . bce - \frac{1}{m} ght$, und wiederum $ikq = cbd - qik = cbd - \frac{m}{n} bce + \frac{1}{m} ght$, ſo wie $rkl = \frac{n}{m} ikq = \frac{n}{m} cbd - bce + \frac{1}{m} ght$. Demnach ferner $rbk = bdf - rkl = bdf - \frac{n}{m} cbd + bce - \frac{1}{m} ght$, und $mlf = m . rlk = m . bdf - n . cbd + m . bce - ght$. Es iſt aber der ſpitzige Winkel mvx, unter welchem der einfallende Strahl gh, und der zum letzten mahl gebrochene lm gegen einander geneigt ſind, $= ght + mlf - eaf$, wie ſehr leicht bewieſen werden kann, folglich findet man $mvx = m . (bdf + bce) - n . bcd - eaf$, oder $mvx = m . (cad + cbd) - n . cbd - eaf = (m - 1) . cad + (m - n) cbd$.

Für die am meiſten brechbaren oder für die violetten Strahlen ſey das Verhältniß der Refraction aus Luft in Waſſer $= M : 1$, aus Luft in Glas $N : 1$, und der Kürze wegen ſchreibe man α, β ſtatt cad, cbd; ſo iſt für dieſe Strahlen der Winkel $mvx = (M - 1) \alpha + (M - N) \beta$. In dem Falle, wenn die ungleichartigen Strahlen nach der letzten Brechung einander parallel werden, iſt der Winkel mvx für alle einerley, alſo

$$(M - 1) \alpha + (M - N) \beta = (m - 1) \alpha + (m - n) \beta,$$

und das giebt $(M - m)(\alpha + \beta) = (N - n) \beta$, folglich

$$M - m : N - n = \beta : \alpha + \beta$$

Dieß iſt der Fall, wenn das aus dem Prisma ausfahrende

rende Licht weiß, ohne alle Faben, erſcheint, und nach Newton's Verſuch ſoll dieſer Fall eintreten, wenn zugleich das ausfahrende Licht lm mit dem einfallenden gh parallel iſt. Alsdenn wäre $mvx = 0$; folglich $(m - 1)\alpha = (n - m)\beta$ und $\alpha : \beta = n - m : m - 1$; mithin ferner $\alpha + \beta : \beta = n - 1 : m - 1$, und daher

$$M - m : N - n = m - 1 : n - 1.$$

Euler wagte es zwar noch nicht, Newton's Verſuche zweifelhaft zu machen, glaubte aber doch aus ſeinen bereits angeführten Bemerkungen, daß es gar wohl möglich ſey, die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen wieder gleich zu machen. Er trat daher mit einer neuen Theorie hervor, welche ganz auf algebraiſche Speculationen, ohne alle Erfahrungen, gebauet war. Er ſetzte hiebey folgende Stücke feſt, woraus die Verhältniſſe zwiſchen m und M, wie auch n und N herzuleiten ſind. Nämlich 1. N wird auf dieſelbe Art durch n ausgedruckt werden, wie M durch m; 2. wenn $m = 1$, ſo muß auch $M = 1$ ſeyn, weil alsdenn beyde Mittel einerley ſind, und keine Brechung geſchieht, 3. wenn man ſtatt m ſetzt $\frac{1}{m}$, ſo muß der analytiſche Ausdruck, welcher M durch m giebt, ſich in $\frac{1}{M}$ verwandeln. Denn alsdenn gehen die Strahlen aus dem zweyten Mittel ins erſte, und ihr Weg iſt derſelbe, wie aus dem erſten Mittel ins zweyte; 4. wenn man mn ſtatt m ſetzt, ſo muß der Ausdruck für M ſich in MN verwandeln. Dieſe Bedingungen, welche ſtatt finden müſſen, wofern ſich M überhaupt aus m beſtimmen läßt, oder ſtets nach

m

m richtet, können nicht anders erfüllt werden, als wenn

$$M - m : N - n = m . \log. m : n . \log. n.$$

Er hielt ſeine Theorie für die einzig möglich wahre.

Dieſer Aufſatz Euler's erregte Dollond's Aufmerkſamkeit, der des erſtern Rechnungen ſorgfältig durchging. Er ſetzte ſtatt der von Euler muthmaßlich angenommenen Geſetze der Brechung diejenigen, welche aus Newton's Verſuchen wirklich hergeleitet waren, und fand, daß nach dieſer nothwendigen Subſtitution, aus Euler's Grundſätzen ſelbſt, folge, daß die Vereinigungspunkte aller Arten von Strahlen nicht anders in einen einzigen Punkt zuſammengebracht werden können, als wenn das Linſenglas unendlich breit iſt.

Euler antwortete blos im Allgemeinen hierauf: es ließe ſich unmöglich der Bau des Auges erklären, wenn man nach Newton's Beyſpiele die Vermeidung der Farbenzerſtreuung bey allen Brechungen durch erhabene Gläſer für unmöglich erklären wollte.

Der Euler'ſche Aufſatz erregte beſonders die Aufmerkſamkeit des Klingenſtierna [s]) in Schweden, welcher den Newton'ſchen Verſuch und deſſelben darauf gegründete Schlüſſe prüfte, und fand, daß, wenn Newton's Verſuch allgemein ſeine Richtigkeit hätte, daraus nicht ein gewiſſes Geſetz der Brechung für verſchiedene Strahlen, ſondern für unzählige, folgen würde, welche ſowohl gegen einander ſelbſt, als gegen die von Newton ſelbſt angenommenen Geſetze der Brechung ſtreiten. Er konnte alſo nichts anders dar=

s) Anmerk. über das Geſetz der Brechung bey Lichtſtrahlen von verſchiedener Art, wenn ſie durch ein durchſichtiges Mittel in verſchiedene andere gehen, in den ſchwed. Abhandl. 1754. d. deutſch. Ueberſ. S. 300.

daraus folgern, als daß der Verſuch ſelbſt in der mathematiſchen Schärfe nicht richtig ſeyn kann.

Es ſtelle nämlich (fig. 51.) BFC einen ſenkrechten Schnitt des Priſma, welches das Licht bricht, vor, an der Seite BF befinde ſich ein gewiſſes Mittel, und an der Seite FC ein anderes von ungleichen Brechkräften. Ein einfacher Strahl ABCD gehe durch dieſen Zuſammenhang brechender Mittel dergeſtalt hindurch, daß ſein einfallender Theil AB mit dem herausfahrenden CD parallel iſt. Durch die Punkte C und B ziehe man die Linien aα, bβ auf die Seiten FB, FC ſenkrecht, und der Sinus des Einfallswinkels ABa verhalte ſich zum Sinus des Brechungswinkels αBC wie r : i, der Sinus des Winkels BCb aber verhalte ſich zum Sinus des Winkels DCβ, wie p : r.

Dieß vorausgeſetzt muß nun die Lage beſtimmt werden, welche der Strahl ABCD gegen die Seiten FB, FC haben muß, damit der einfallende Theil AB, und der herauskommende CD parallel werden. Zu dieſer Abſicht zieht er eine Linie (fig. 52.) TP, auf der die Theile TG, TI, TM nach den Verhältniſſen der Größen i, p, r, welche die Strahlenbrechungen meſſen, abgeſchnitten werden, und verzeichnet nachgehends auf die Linie GI den Abſchnitt eines Kreiſes IHG, der einen Winkel, ſo groß als der Winkel des Priſma BFC, in ſich faßt. Aus dem Mittelpunkte T, mit dem Halbmeſſer TM, zeichnet er einen Kreis MH, welcher den Abſchnitt des Kreiſes in H durchſchneidet, von welchem Punkte er die Linien HT, HG, HI zieht. Auf ſolche Art müſſen die Winkel ABa, CBα, BCb, DCβ den Winkeln PGH, GHT, IHT, PIH, in eben der Ordnung, gleich ſeyn, oder auch, welches eben darauf hinauskommt,

kommt, wenn der einfallende Strahl AB mit dem Perpendikel aα den Winkel ABa macht, der ſo groß als PGH iſt, ſo wird der Strahl CD, der nach beyden Brechungen herausfährt, mit dem einfallenden AB gleichlaufend ſeyn. Denn weil ſin. ABa : ſin. CBα = r : i, und ſin. PGH : ſin. GHT = TH : TG = r : i, ſo iſt klar, daß, wenn die vorhergehenden Winkel ABa, PGH, gleich ſind, auch die folgenden CBα, GHT, gleich ſeyn müſſen. Ueberdieß, weil CBα + BFC = BCb, und GHT + GHI = THI, ſo muß BCb = THI ſeyn. Weiter verhält ſich ſin. BCb : ſin. DCβ = p : r, und ſin. THI : ſin. PIH = TI : TH = p : r, alſo iſt PIH = DCβ. Endlich iſt PIH − PGH = IHG = BFC, alſo auch BFC = DCβ − ABa, und alſo ſind die Strahlen AB, CD, parallel.

Man ſetze nun ferner, der einfallende Strahl AB, der bisher als einfach betrachtet worden iſt, beſtehe aus Strahlen von verſchiedener Art, wobey es jedoch zur Abſicht hinreichend iſt, nur zwey, einen, der ſich mehr, und einen, der ſich weniger bricht, zu betrachten. Nun kommt es darauf an, zu zeigen, was für Geſetze der Brechung für dieſe beyden Strahlen erfordert werden, damit ihre ausfahrenden dem gemeinſchaftlichen einfallenden Strahle parallel werden. Zu dieſer Abſicht iſt folgendes zu bemerken: wenn beyde Strahlen unter einem gemeinſchaftlichen Winkel einfallen, indem ſie in dem einfallenden Strahle AB vereinigt ſind, und auch unter gleichen Winkeln ausfahren, weil ſie nämlich in Parallellinien nach CD ausgehen ſollen; ſo muß man, wenn für jeden Strahl eine beſondere Verzeichnung nach dem vorhergehenden Abſatze gemacht wird, um die Lage ſeines ein=

einfallenden zu finden, die Winkel PIH in beyden Verzeichnungen gleich groß machen, und eben ſo die Winkel PGH auch gleich groß machen. Nimmt man daher in beyden Verzeichnungen die Linie TM gleich groß an, welches nicht unterſagt iſt, und legt nachgehends eine Verzeichnung auf die andere, ſo daß die Linien TH, welche auch gleich ſind, einander decken, ſo finden ſich beyde Punkte (fig. 53.) G, g in einerley Kreisbogen HGgT, und die Punkte I, i auch in Einem Kreisbogen HIiT. Daraus folgt, wenn die Brechung der Strahlen, die am wenigſten gebrochen werden, nach dem Geſetze geht, das die Linien TG, TI, TH vorſtellen, ſo müſſen die Linien Tg, Ti, TH das Geſetz der Brechung bey denjenigen Strahlen vorſtellen, welche die ſtärkſte Brechung leiden, wenn anders die vorausgeſetzte Wirkung erfolgen ſoll, daß beyder ausfahrende Strahlen ihrem gemeinſchaftlich einfallenden parallel ſind.

Nun iſt noch übrig, das Geſetz der Brechung, welches Newton angiebt, mit demjenigen zu vergleichen, welches, wie eben gefunden worden, erfordert wird, wenn ausfahrende Strahlen von verſchiedener Art parallel unter ſich, und mit ihrem gemeinſchaftlich einfallenden parallel gehen ſollen, nachdem ſie auf die jetzt angenommene Art zwey Brechungen erlitten haben. Der Sinus des Einfallswinkels verhält ſich zum Sinus der Brechung, wenn der Strahl aus dem erſten Mittel in das Prisma geht, wie r : i, und wenn er aus dem letztern in das Prisma geht, wie r : p. Alſo ſollte nach Newton's Geſetze r — i : r — p in einem gegebenen Verhältniſſe ſtehn; d. i. wenn man aus dem Mittelpunkte T mit dem Halbmeſſer TH den Kreis HMm beſchreibt, und die Linien

nien TGI und Tgi zieht, bis ſie eben den Kreis in M, m ſchneiden, ſo muß MG : MI = mg : mi ſeyn. Aber ein ſolches beſtändiges Verhältniß zwiſchen MG und MI ſtreitet wider das Geſetz der Brechung, welches durch die Zeichnung beſtimmt worden iſt. Denn ſtände MG und MI in einem unveränderlichen Verhältniſſe, ſo befänden ſich auch MI und IG in einem unveränderlichen Verhältniſſe. Da aber alle Winkel des Dreyecks HIG gegeben ſind, ſo iſt auch das Verhältniß GI : IH beſtändig, und folglich ſtünden MI und IH in einem beſtändigen Verhältniſſe. Weil nun der Winkel HIM unveränderlich bleibt, ſo wäre dadurch das Dreyeck HIM oder HMT unveränderlich. Hieraus würde folgen, daß der Punkt M allemahl in dem Umfange eines gegebenen Kreisbogens liegen müßte, der TH zur Sehne hätte. Dieſes aber ſtreitet wider die Verzeichnung, bey welcher TM von gegebener Länge iſt, und alſo M in einem Kreiſe liegt, deſſen Mittelpunkt T iſt.

Man ſieht alſo hieraus, daß ſich Newton's Geſetz der Strahlenbrechung mit demjenigen, das bisher gefunden iſt, nicht vergleichen läßt, ob er ſchon behauptet, er habe ſich eben des Grundes bedient. Daraus folgt weiter, daß Newton's Geſetz der Strahlenbrechung gegen ſeinen eigenen Grundſatz ſtreitet, ſo daß, wenn dieſes Geſetz in der Natur wirklich zu finden wäre, der von ihm angeführte Verſuch den Erfolg, den er ihm zuſchreibt, nicht haben könnte, ſondern im Gegentheil die ausfahrenden Strahlen ſich in gewiſſe Farben ſpalten müßten, wenn auch gleich einer von ihnen mit ihrem gemeinſchaftlich einfallenden parallel wäre.

Hie-

Hiebey iſt aber noch beſonders zu bemerken, daß, wenn gleich das Geſetz der Brechung wirklich ſo beſchaffen wäre, als dazu erfordert wird, daß ſie alle zuſammen, nach zwey Brechungen in einem gegebenen Prisma, mit ihrem gemeinſchaftlich einfallenden Strahle parallel werden, ſo iſt doch ein ſolches Geſetz der Brechung nicht vermögend, eben die Wirkung in einem andern Prisma zu thun, das einen andern Winkel hat, ſondern ein jedes beſonderes Prisma erfordert ein beſonderes Geſetz der Brechung, wenn dieſe Wirkung erhalten werden ſoll. Dieſes zu beweiſen betrachte man die Verzeichnung der fig. 53, worin das Geſetz der Brechung für zwey Strahlen beſtimmt iſt, wodurch dieſe Strahlen in einem Prisma, deſſen Winkel GHI oder gHi iſt, gebrochen mit dem einfallenden gleichlaufend werden. Es iſt nämlich gefunden, daß, wenn das Geſetz der Brechung derjenigen Strahlen, die ſich am wenigſten brechen, durch die Verhältniſſe der Linien TM, TI, TG ausgedruckt wird, ſo müſſen die Linien Tm, Ti, Tg, dieſes Geſetz für diejenigen Strahlen vorſtellig machen, die ſich am meiſten brechen. Nun beweiſet Klingenſtierna daß bey Annahme eines andern Winkels als GHI für das Prisma, welches das Licht brechen ſoll, das Verhältniß der Linien TM, TI, TG; Tm, Ti, Tg, nie wie zuvor bleiben kann; oder welches daſſelbe iſt, wenn man die Verhältniſſe der erwähnten Linien beybehält, ſo wird der Winkel GHI dadurch unveränderlich beſtimmt. Zu dieſem Ende ſtelle man ſich vor, die gerade Linie Tgim werde mit den Punkten g und i, die nun unveränderlich ſind, wie das auf gi gezeichnete Dreyeck gHi, um den Punkt T gedreht, bis Tm auf TM fällt. Alſo wird der Punkt H, des Dreyecks gHi Scheitel, in dem Umfange eines Krei-

ſes herumgehen, deſſen Mittelpunkt T iſt, und der TM zum Halbmeſſer hat. Wenn Tm auf TM fällt, ſo werden die Linien GH, gH, gleichlaufend, wie auch die Linien IH, iH, weil die Dreyecke GHI, gHi, ähnlich, und ähnlicher Weiſe auf ihre Grundlinien GI, gi, geſetzt ſind. Die fig. 54. ſtelle dieſes nach der Veränderung vor. Man hat alſo auf den Grundlinien GI, gi, die auf dem Halbmeſſer TM liegen, zwey ähnliche Dreyecke GHI, ghi, die ihre Scheitel in dem Umkreiſe MHh haben. Man ziehe Hh, und verlängere ſie, bis ſie den Durchmeſſer TM in F ſchneidet. Und weil gi : GI = iF : IF, ſo iſt der Punkt F, und folglich hFH gegeben. Aber HF : hF iſt ein gegebenes Verhältniß, nämlich einerley mit GI : gi, alſo ſind die geraden Linien HF, hF der Größe nach beſtimmt. Und wie außerdem der Punkt F, und der Kreis MHh gegeben ſind, ſo ſind auch die Punkte H, h gegeben. Aber die Punkte G und I, g und i, ſind, wie vorausgeſetzt iſt, gegeben, und alſo ſind es auch die Dreyecke GHI, ghi; d. i. wenn das Brechungsgeſetz für zwey Strahlen gegeben iſt, ſo iſt dadurch ſowohl der Winkel des Prisma, als die Lage der einfallenden Strahlen gegeben, wodurch erhalten werden kann, daß die ausfahrenden mit ihren gemeinſchaftlichen einfallenden parallel gehen. Hieraus folgt endlich dieß, daß kein beſtändiges Verhältniß der Brechung für Strahlen von verſchiedener Art möglich iſt, das dieſe Wirkung erhalten könnte; daß, wenn einer der Farbenſtrahlen, nach mehrern Brechungen, mit ihren gemeinſchaftlichen einfallenden parallel würde, alle übrigen auch unter ſich, und mit dieſem gemeinſchaftlichen einfallenden parallel würden; und daß dieſes ſtatt fände, was für Brechungen der zuſammengeſetzte Strahl auch mittlerweile erlitten hätte.

End-

Endlich bemerkt Klingenſtierna noch, daß, je kleiner der Winkel in dem das Licht brechenden Prisma (fig. 51.) BFC iſt, deſto mehr Newton's Geſetz der Brechung mit demjenigen übereinſtimme, das die Wirkung, von der Newton in ſeinem Verſuche redet, zu erhalten nöthig iſt. Denn alsdenn kommt (fig. 53.) MG beynahe in ein gegebenes Verhältniß zu MI, woraus folgt, daß, wenn die Brechungen bey Newton's Verſuche ganz geringe waren, es wohl möglich geweſen iſt, daß der Verſuch den Ausgang gehabt hat, den er beſchreibt. Aber alsdenn muß man Newton's Geſetz der Brechung auf kleine Brechungen einſchränken; und wenn dieſes Geſetz der Brechung ſeine Richtigkeit in kleinen Brechungen hat, wie ſie bey einem Objektivglaſe nothwendig ſind, ſo ſcheint dasjenige allerdings daraus zu folgen, was Newton behauptet, daß das Vermögen der Strahlen, verſchieden gebrochen zu werden, ſich durch brechende Gläſer nicht dergeſtalt zur Richtigkeit bringen laſſe, daß es nicht die Vollkommenheit der optiſchen Werkzeuge beträchtlich hindern ſollte.

Einige Zeit hierauf ſandte Klingenſtierna dem Herrn Mallet einen kurzen Auszug dieſes ſeines Aufſatzes, um ihn Herrn Dollond mitzutheilen. Dieſer kurze Aufſatz überzeugte Dollond'en, daß Newton's Regel unrichtig ſey, und daß noch weitere Verſuche nöthig wären, die Wahrheit dieſer Frage zu erforſchen. Er entſchloß ſich daher, dergleichen Verſuche anzuſtellen. Er [b]) küttete zwey Glas-

b) An Account of ſome experiments concerning the different refrangibility of light, by Mr. *John Dollond* in den Philoſ. Tranſact. Vol. X. P. II. p. 733.

Glasſcheiben mit parallelen Flächen an ihren Rändern ſo zuſammen, daß daraus ein prismatiſches Gefäß entſtand, wenn die Oeffnungen an den Enden oder Grundflächen verſchloſſen wurden; die Schärfe kehrte er unterwärts, ſtellte in das Gefäß ein gläſernes Prisma mit einer ſeiner Schärfen aufwärts, und füllte den übrigen Raum mit reinem Waſſer an, ſo daß die Brechung durch das Prisma der Brechung durch das Waſſer entgegengeſetzt war, und ein Lichtſtrahl, welcher durch beyde brechende Materien ging, blos durch den Unterſchied beyder Brechungen gebrochen ward. So wie er fand, daß das Waſſer das Licht mehr oder weniger als das Glas brach, ſo verminderte oder vergrößerte er den Winkel der Glasſcheiben, bis daß er beyde Brechungen einander gleich fand: welches geſchah, wenn ein Gegenſtand, durch das gedoppelte Prisma betrachtet, weder ſich zu erhöhen noch zu ſenken ſchien. In dieſem Falle waren die Brechungen ſich gleich, und die ausfahrenden Strahlen den einfallenden parallel.

Nun hätte, ſagt er, nach der angenommenen Meynung der Gegenſtand durch dieſes gedoppelte Prisma in ſeiner natürlichen Farbe erſcheinen ſollen; denn wenn der Unterſchied der Brechbarkeit in den beyden gleich großen Brechungen gleich geweſen wäre, ſo würden ſie ſich einander gegenſeitig verbeſſert haben. Aber ſo zeigte dieſer Verſuch die Unrichtigkeit der angenommenen Meynung augenſcheinlich, und bewies, daß die Zerſtreuung des Lichts durch das Glasprisma faſt doppelt ſo groß iſt, als durch das Waſſer; indem der Gegenſtand, ungeachtet er keine Brechung litt, dennoch eben ſo ſehr mit prismatiſchen Farben begränzt ſchien, als wenn er ihn blos durch ein gläſernes Prisma,

ma, mit einem brechenden Winkel von etwa 30 Grad, betrachtet hätte.

Dieſer Verſuch iſt mit dem Newton'ſchen einerley, ungeachtet der Erfolg ſo merklich verſchieden iſt; allein Dollond verſichert, alle mögliche Vorſicht gebraucht zu haben, und er behielt ſeinen Apparat bey ſich, um die Wahrheit ſeiner Behauptung zu beweiſen, wenn er dazu aufgefordert werden ſollte.

Hiebey ſahe er deutlich ein, daß, wenn der brechende Winkel des Waſſergefäßes hinreichend groß hätte gemacht werden können, die Farbenzerſtreuung ſehr vermindert, oder wohl gar ganz gehoben ſeyn würde, und daß er eine ſehr große Brechung ohne Farben würde erhalten haben, ſo wie er ſchon eine ſtarke Färbung ohne Brechung erhalten hatte. Aber der Winkel des prismatiſchen Gefäßes konnte nicht ohne Unbequemlichkeit ſo groß genommen werden, daß dadurch das Licht eben ſo ſtark wie durch das gläſerne Prisma, deſſen Winkel etwa 60 Grad groß war, zerſtreuet worden wäre, und es war daher nothwendig, noch einige Verſuche dieſer Art mit Prismen von kleinern Winkeln zu machen.

Er ſchliff ſich daher einen Keil von gemeinem Tafelglaſe, ſo daß der Winkel deſſelben etwa neun Grad betrug, ſtellte dieſen, wie vorher, in ein keilförmiges Gefäß mit Waſſer, deſſen Winkel er ſo lange vergrößerte, bis die Zerſtreuung des Lichts durch das Waſſer ſo groß war, als die durch das Glas; d. i. bis der Gegenſtand, ungeachtet er wegen der ſtärkern Brechung durch das Waſſer ſehr verruckt ſchien, dennoch von den Farben, welche die verſchiedene Brechbarkeit des Lichts erzeugt, ganz frey blieb. Hiebey war, ſo

genau, als er es damals meſſen konnte, die Brechung durchs Waſſer etwa $\frac{5}{4}$ von der durchs Glas. Er geſteht freylich, daß er die Maaße nicht ſehr genau genommen habe, weil ſeine Abſicht damals nicht ſowohl geweſen ſey, die Größen genau zu meſſen, als vielmehr zu zeigen, daß die Zerſtreuung der farbigen Strahlen durch verſchiedene Materien ſich gar nicht wie die Brechung verhalte, und daß es möglich ſey, eine Brechung hervorzubringen, ohne daß das Licht im geringſten zerſtreuet werde. Ueberdieß bemerkt Dollond noch, daß er Objektivgläſer aus zwey Stücken, mit Waſſer dazwiſchen, verfertigt habe. Dieſe hätten ſeiner Erwartung gemäß keine Farben verurſacht, allein dennoch viel Undeutlichkeit übrig gelaſſen, die aber, wie er bald eingeſehen, von der Kugelgeſtalt, weil die Halbmeſſer der Flächen zu klein hätten genommen werden müſſen, hergerührt habe.

Da nun alle dieſe Verſuche deutlich zeigten, daß verſchiedene Materien das Licht ſehr ungleich, in Abſicht auf ihre brechende Kraft überhaupt genommen, zerſtreuen, ſo fing Dollond an zu muthmaßen, daß dieſe Verſchiedenheit ſich auch an verſchiedenen Glas-Arten äußern möchte, beſonders weil die Erfahrung ſchon gelehrt hatte, daß einige Arten ſich weit beſſer zu den bisher gewöhnlichen Objektivgläſern als andere ſchicken; und weil man dieſe verſchiedene Güte bis dahin nicht hinreichend erklärt hatte, ſo vermuthete er mit deſto größerer Zuverſicht, daß die verſchiedene Zerſtreuung des Lichts bey einerley Brechung ſie verurſachen müſſe.

Das nächſte alſo, was er ſich vornahm, war, Prismen von verſchiedenem Glaſe zu ſchleifen, und ſie an einander zu legen, ſo daß die Brechungen nach verſchie-

ſchiedenen Seiten hin geſchehen mußten, um dadurch, wie in den vorigen Verſuchen, zu entdecken, ob die Brechung mit der Zerſtreuung der farbigen Strahlen zugleich verſchwinden würde. Es vergieng eine geraume Zeit, ehe er ſich an die Arbeit machen konnte. Denn ob er ſich gleich zu dem Verſuche, ſeiner eigenen Neugierde wegen, entſchloſſen hatte, ſo bald er die Zeit dazu gewinnen würde, ſo dachte er doch nicht, daß der Unterſchied hinlänglich groß ſeyn würde, um dadurch den Fernröhren große Verbeſſerungen zu verſchaffen, und es verzog ſich alſo bis zum Jahre 1757, ehe er an den Verſuch gieng. Da aber zeigten gleich die erſten Proben, daß dieſe Sache die äußerſte Aufmerkſamkeit verdiene.

Er fand nämlich bey einigen Glasarten einen ſolchen Unterſchied der Farbenzerſtreuung im Verhältniſſe gegen ihre brechende Kraft, als er lange nicht gehofft hatte. Die gelbe oder ſtrohfarbige ausländiſche Gattung, welche gewöhnlich Venetianiſches Glas heißt, und das Engliſche Kronglas, kamen in dieſem Stücke ziemlich mit einander überein, obgleich überhaupt das Kronglas das Licht weniger als jenes zu zerſtreuen ſchien. Das gemeine Engliſche Tafelglas zerſtreuete das Licht mehr, und das weiße Kryſtallglas, oder das Engliſche Flintglas, unter allen am meiſten.

Nun ließ er es ſich angelegen ſeyn, die beſondern Eigenſchaften jeder Gattung vom Glaſe, die er habhaft werden konnte, zu erforſchen, um die beyden Arten zu finden, in welchen der Unterſchied der Brechungen am größten wäre; und er fand bald, daß dieſes das K r o n g l a s und das weiße F l i n t g l a s waren. Daher ſchliff er ſich ein Prisma von dem weißen Flintglaſe, mit einem brechenden Winkel von etwa 25

Graden, und ein anderes von Kronglaſe, das etwa 29 Grade hielt, die beyde faſt gleiche Brechungen verurſachten, aber in der Kraft, die Farben zu zerſtreuen, ſehr von einander abwichen. Darauf ſchliff er einige andere von Kronglaſe mit verſchiedenen Winkeln, bis er eins erhielt, das in Abſicht auf die Zerſtreuung des Winkels dem vom weißen Flintglaſe gleich kam. Denn als ſie ſo an einander gelegt wurden, daß ſie das Licht nach entgegengeſetzten Richtungen brachen, war das gebrochene Licht von Farben ganz frey. Als er hierauf die Brechung jedes Prisma's beſonders maaß, fand er, daß die Brechung des vom weißen Glaſe zu der Brechung des vom Kronglaſe ſich beynahe wie 2:3 verhielt; und dieſes Verhältniß blieb bey allen kleinen Winkeln faſt einerley, ſo daß jede zwey andere Prismen, welche nach dieſem Verhältniſſe ausgearbeitet ſind, wenn ſie an einander dergeſtalt gelegt werden, daß ſie das Licht nach entgegengeſetzten Richtungen brechen, gar keine Farben nach der Brechung abſondern.

In einem Briefe an Klingenſtierna, welchen Clairaut n) anführt, bemerkt Dollond, daß das Verhältniß des Einfallsſinus zu dem Sinus der mittleren Brechung am Kronglaſe wie 1:1,53, und am Flintglaſe wie 1:1,583 ſey.

Dieſe Erfahrungen ſuchte Dollond ſogleich zur Verbeſſerung der Fernröhre zu benutzen. Er fieng an, Objektivgläſer aus dieſen beyden Glasarten zu verfertigen, in der Hoffnung, es werde ſich auch mit Linſengläſern das Licht farbenlos machen laſſen. Er war hierin auch wirklich glücklich durch Hülfe folgender Bemerkungen. Damit die beyden Gläſer das Licht nach entgegengeſetzten Seiten brechen mögen, müſſe das

n) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1757.

das eine ein Hohlglas, das andere ein erhabenes ſeyn; und weil die Strahlen wirklich in einem Vereinigungs⸗punkte zuſammen kommen ſollen, ſo müſſe das erha⸗bene Linſenglas offenbar eine ſtärkere Brechung geben; darum müſſe dieſes Glas, wie aus ſeinem Verſuche erhelle, von Kronglaſe, und das Hohlglas von Flint⸗glaſe gemacht werden. Ferner, da die Brechungen ſphäriſcher Gläſer ſich umgekehrt wie ihre Brennwei⸗ten verhalten, ſo müſſen die Brennweiten der beyden Gläſer ſich umgekehrt wie die Brechungen der Pris⸗men verhalten, weil auf ſolche Art jeder Lichtſtrahl, der durch das zuſammengeſetzte Glas geht, in welcher Entfernung von der Axe es auch ſeyn möge, immer durch den Unterſchied zweyer Brechungen in dem ge⸗hörigen Maaße werde gebrochen, und die verſchiedene Brechbarkeit des Lichts ganz unſchädlich werde gemacht werden.

Unerachtet dieſer ſichern aus der Theorie und Erfahrung hergenommenen Gründe fand er doch bey der Ausführung ſelbſt anfänglich noch verſchiedene Schwierigkeiten, bis er endlich durch anhaltende Ge⸗duld und Geſchicklichkeit ſeinen Zweck erreichte.

Eine der erſten Schwierigkeiten war, daß wegen der kleinen Durchmeſſer der Kugelflächen große Ab⸗weichungen von der Kugelgeſtalt entſtanden, welche die Deutlichkeit des Bildes ſehr verdarben. Da er aber überlegte, daß die Flächen der kugelförmigen Glä⸗ſer unzählige Veränderungen leiden können, ohne daß die gemeinſchaftliche Brennweite dadurch verändert wird, und man es auf ſolche Art in ſeiner Gewalt hat, die Abweichung wegen der Figur zu vermehren und zu vermindern, ſo ſahe er die Möglichkeit ein, die von der Kugelgeſtalt herrührenden Abweichungen

zweyer Linſengläſer gleich zu machen, und folglich bey einem hohlen und erhabenen Glaſe, wo die Strahlenbrechungen einander entgegengeſetzt ſind, es dahin zu bringen, daß ſolche einander aufheben. Eine andere Schwierigkeit war dieſe: die Brennweiten ſowohl als die einzelnen Flächen der Gläſer müſſen ſehr genau nach den Dichtigkeiten oder brechenden Kräften der Glasarten eingerichtet werden. Dieſe aber ſind bey derſelben Glasart, wenn es zu verſchiedenen Zeiten gemacht iſt, nicht ganz einerley. Drittens, die Mittelpunkte der beyden Gläſer müſſen genau in die gemeinſchaftliche Axe des Fernrohres gebracht werden, ſonſt wird die geſuchte Wirkung großentheils vernichtet werden. Hiezu kommt noch, daß vier Flächen da ſind, die genau kugelförmig geſchliffen werden müſſen; wie ſehr genau man alſo bey der ganzen Arbeit zu verfahren habe, ſagt er, wird jeder, der nur einige Uebung in dieſem Geſchäfte hat, leicht einſehen. Endlich aber fand er ſich durch vielfältige Verſuche und durch unverdroſſene Standhaftigkeit im Stande, dioptriſche Fernröhre mit ſo großen Oeffnungen und Vergrößerungen bey geringer Länge zu verfertigen, daß ſie nach dem Urtheile der beſten Kenner alles, was man bisher geleiſtet hatte, weit übertrafen, da ſie die Gegenſtände ſehr deutlich, und mit ihren wahren Farben darſtellten.

Man machte Dollonden den Einwurf, daß die geringe Zerſtreuung der Strahlen durch das Kronglas nur ſcheinbar ſey, indem ſie von der geringern Durchſichtigkeit dieſer Glasart herrühre, als welche die ſchwächer gefärbten Strahlen nicht in hinlänglicher Menge durchlaſſe. Dieſen Einwurf hat Beguelin [x]) insbeſondere unterſucht und widerlegt.

Dol-

x) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1762. p. 74. ſqq.

Dollond's Entdeckung machte unter den Künſtlern und Naturforſchern viel Aufſehen. Da er aber die Verhältniſſe, nach welchen dieſe Gläſer eingerichtet werden mußten, nicht bekannt gemacht hatte, ſo unternahm es Clairaut, welcher ſich ſchon vom Anfange des Streits ſehr mit der Sache beſchäftigt hatte, eine vollſtändige Theorie davon auszuarbeiten [y]).

Ohne Hülfe einer ſolchen Theorie, ſagt er, iſt es nicht möglich, Fernröhre von gleicher Güte mit den Dollond'ſchen zu verfertigen, man müßte ſie denn blindlings nachmachen, welches aber aus mehreren Urſachen nicht wohl gerathen könne. Außerdem gebe Dollond ſeine Maaße nur beyläufig an, da es doch nöthig ſey, ſie ganz genau zu wiſſen. Ferner bemerkt Clairaut, daß die beſten Dollond'ſchen Fernröhre den Newton'ſchen Teleſkopen noch lange nicht beikämen, da man doch erwarten könnte, daß ſie dieſelben übertreffen müßten, wenn die ungleichartigen Strahlen nach der Brechung durchs Glas ſo genau, wie nach der Zurückwerfung vom Spiegel, in einen Punkt vereinigt werden könnten, weil in dem letzten Falle mehr Licht, als in dem erſtern, verloren gehe.

Um alſo den Künſtlern zu Hülfe zu kommen, ſuchte er ſowohl die Brechungs- als Zerſtreuungskraft verſchiedener Glasarten zu beſtimmen. Zu dieſem Behuf nahm er zwey Prismen, welche er, wie Dollond, hart an einander legte, aber anſtatt durch ſie zu ſehen, legte er ſie in ein verfinſtertes Zimmer; und wenn das Bild der Sonne, das durch ſie fiel, vollkommen weiß war, ſo ſchloß er daraus, daß die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen ſich gegen einander gehoben habe.

Die

y) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1756.

Die Winkel, welche die Prismen haben müſſen, wenn ſie die Farben heben ſollen, bequemer zu beſtimmen, verfertigte er eins, deſſen eine Seitenfläche cylindriſch und einige Grade weit war. Auf ſolche Art hatte er, ohne ſeine Prismen ändern zu dürfen, eine unendliche Menge Winkel zur Auswahl, unter welchen er, wenn er den Punkt der krummen Oberfläche bemerkte, auf welchen die Strahlen fielen, wenn das Sonnenbild weiß war, den wahren Winkel leicht beſtimmen konnte.

Auch beſtimmte er das Verhältniß, nach welchem verſchiedene Glasarten die Sonnenſtrahlen zerſtreuen, indem er, mit gehöriger Vorſicht, das länglichte Bild der Sonne maaß, welches ſie hervorbrachten. Bey dieſem Verſuche ergab ſich augenſcheinlich, daß das engliſche Flintglas nicht allein eine ſtärkere mittlere Brechung, ſondern auch eine größere Zerſtreuung des Lichts verurſachte, als es das gemeine franzöſiſche Glas that. Denn da er ſich von beyden Arten zwey Prismen, die ſonſt völlig einerley waren, hatte machen laſſen, und auf jedes, zu gleicher Zeit, einen Sonnenſtrahl mit derſelben Neigung fallen ließ, ſo ſahe er, daß unter den beyden Bildern dasjenige, welches von dem engliſchen Flintglaſe herrührte, ein wenig höher an der Wand ſtand, und mehr als um die Hälfte länger war.

Zu dieſen Verſuchen hatte Clairaut an de Tournieres einen Gehülfen, und ſie kamen in den Reſultaten mit Dollond im Ganzen überein, nur daß dieſer das Verhältniß der Zerſtreuung im Glaſe zu der im Waſſer wie 5 zu 4 angegeben hatte, dahingegen jene beyden, welche mehr Mühe und Vorſicht anwendeten, dieß Verhältniß wie 3:2 fanden. Uebrigens

gens leitete Clairaut ſeine Theorie aus der krummen Linie her, welche das Licht bey der Brechung nach der Vorausſetzung der Anziehung beſchreibt. Nach dieſer Theorie hängt das Brechungsverhältniß von der Geſchwindigkeit der Strahlen ab.

D'Alembert z), deſſen Arbeiten den Verfertigern achromatiſcher Fernröhre alle Anleitung, die man von der Rechnung erwarten kann, gegeben zu haben ſcheinen, unternahm nach Clairaut dieſe Unterſuchungen von neuem. Auch trägt dieſer große Mathematiker eine Menge neuer Einrichtungen von Fernröhren vor, deren Vortheile und Unbequemlichkeiten er umſtändlich aus einander ſetzt. Dabey giebt er auch eine Methode an, die Fehler, welchen ſie ausgeſetzt ſind, zu verbeſſern; zum Beyſpiel dadurch, daß die Objektivgläſer in einigen Fällen ein wenig von einander gerückt werden, oder daß man bisweilen Augengläſer von verſchiedenen Brechungskräften gebraucht; ein Mittel, worauf vor ihm niemand verfallen zu ſeyn ſcheint. Auch zeigt er, wie man ein ſehr gutes Fernrohr mit einem einfachen Objektivglaſe, aber mit einem Augenglaſe von einer andern Brechungskraft, verfertigen könne. Einige der von ihm vorgeſchlagenen Fernröhre haben zwey oder mehr Augengläſer von verſchiedenen Gattungen Glaſes. Am Ende der zweyten Abhandlung ſagt er, daß er nicht zweifle, es würden durch die von ihm vorgeſchlagenen Methoden die achromatiſchen Fernröhre zu einem bisher noch nicht bekannten, und ſogar nicht zu vermuthenden Grade der Vollkommenheit gebracht werden können; und wenn gleich das Kronglas, wegen ſeiner grünlichten Farbe, einen Theil

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1764. 1765. 1767.

Theil der rothen oder violetten Strahlen verſchlucken möchte, ſo könne man doch gegen das gewöhnliche franzöſiſche Glas, welches weiß iſt, dieſe Einwendung nicht machen, welches daher den Vorzug vor dem engliſchen Kronglaſe verdiene.

Auch bemerkt er, daß aus ſeinen Rechnungen manche Tafeln hergeleitet werden könnten, die denen, welche ſich mit Verfertigung achromatiſcher Fernröhre beſchäftigen, ſehr nützlich ſeyn würden; woraus folglich der Optik, Aſtronomie und Schiffahrt vielfältiger Nutzen erwachſen müßte.

Unerachtet aller dieſer Bemühungen, durch welche die Herrn Clairaut und d'Alembert dieſen Gegenſtand erſchöpft zu haben ſchienen, war es den Künſtlern doch nicht möglich, nur den geringſten Gebrauch davon zu machen, indem ſie der Erfahrung ganz entgegen waren. Denn die in England verfertigten achromatiſchen Fernröhre blieben immer weit beſſer, als alle, welche man auswärtig, ſelbſt unter unmittelbarer Aufſicht dieſer geſchickten Mathematiker, zu Stande bringen konnte. Beguelin a) giebt hievon verſchiedene Urſachen an. Unter andern meint er, daß ihre geometriſchen Sätze zu allgemein, und ihre Rechnungen zu verwickelt ſind, als daß ſie der Künſtler gebrauchen könnte. Auch glaubt er, daß die kleinen Größen, welche, die Formeln einfacher zu machen, aus der Rechnung weggelaſſen werden, einen merklichen Einfluß haben mögen, wenn die Fernröhre lang ſind, und lange Oeffnungen haben. Endlich, ſagt er, kann eine mangelhafte Beſtimmung der Brechungsver-

hält-

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin 1762. p. 343. ſuiv.

hältniſſe und der Zerſtreuung des Lichts nicht allein die Genauigkeit der aus der Theorie hergeleiteten Formeln unnütz machen, ſondern mehr Schaden ſtiften, als man vermeiden wollte.

Durch dieſe Bemerkung wurde er veranlaßt, dieſe Sache von einer andern Seite zu betrachten; allein er konnte noch immer nicht mit ſeinen eigenen Schlüſſen den wirklichen Effekt der Dollond'ſchen Fernröhre zuſammen reimen, ſo daß er meinte, er müſſe entweder nicht die wahre Größe der Brechung und Zerſtreuung für die beiden Glasarten in der Rechnung gebraucht haben, oder die Abweichung, welche noch übrig bleibe, müſſe durch eine Ungleichheit der Flächen der Linſengläſer gehoben worden ſeyn. Uebrigens zeigt er einige in den Rechnungen der Herrn d'Alembert und Clairaut eingeſchlichenen Fehler an, und beſchließt mit der Anzeige ſeines Vorhabens, die Sache weiter zu unterſuchen.

Auch Herr Klingenſtierna [b]), welcher ſich freuet, durch ſeine Bemerkungen über Newton zu den Dollond'ſchen Entdeckungen Veranlaſſung gegeben zu haben, hat ähnliche Berechnungen, wie Clairaut, zum Gebrauche bey Verfertigung der Fernröhre angeſtellt.

Euler [c]), welcher dieſe ſo glücklich ausgefallene Unterſuchung zuerſt veranlaßt hatte, hielt ſich auf der einen Seite durch ſeine Schlüſſe und Rechnungen überzeugt, daß Dollond keine neuen Grundſätze in der Optik entdeckt hätte, und auf der andern Seite konnte er

b) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſchaft. B. XXII, S. 75. f.

c) Mém. de l'Acad. de Berlin. an. 1762. p. 245. ſuiv.

er doch die Güte der Dollond'ſchen Fernröhre nicht in Zweifel ziehen. Deßwegen erklärt er die außerordentliche Wirkung derſelben theils daher, daß das Kronglas nicht alles rothe Licht durchlaſſe, welches ſonſt einen andern Vereinigungspunkt gehabt und das Bild verdorben haben würde; hauptſächlich aber daher, daß Dollond genau die gehörige Krümmung ſeiner Gläſer getroffen hätte, weßwegen er nicht zweifelt, daß er dieſelbe Wirkung würde haben erreichen können, wenn er auch ſeine Gläſer alle von einerley Glasart genommen hätte. Sonſt glaubt er auch noch, daß die Güte der Dollond'ſchen Fernröhre dem Okularglaſe mit zuzuſchreiben ſey. Iſt meine Theorie richtig, ſagt er, ſo folgt, das Dollond's Objektivgläſer von der Farbenzerſtreuung nicht frey ſind, wie es doch Short ausdrücklich bezeugt. Ein ſo feierliches Zeugniß in Zweifel zu ziehen, fällt mir ſo ſchwer, als eine Theorie aufzugeben, die mir ſo gut gegründet zu ſeyn ſcheint, und dafür eine Meynung anzunehmen, die allen bewieſenen Geſetzen der Natur ſo ſehr entgegen, als wunderbar und widerſinnig iſt. Er beruft ſich auf Verſuche, die in einem verfinſterten Zimmer angeſtellt werden ſollten, wodurch, wie er gewiß glaubt, erhellen werde, daß die Dollond'ſchen Objektivgläſer den Fehlern von der verſchiedenen Brechbarkeit der Strahlen ſo gut, wie die gewöhnlichen unterworfen ſeyen. — Dieß iſt ein Beyſpiel, wie wenig man ſich auf die ſchärfſten mathematiſchen Rechnungen verlaſſen könne, wenn dabey Vorausſetzungen zum Grunde liegen, welche aus keinen richtigen Erfahrungen gezogen worden ſind. Seine mathematiſche Theorie war gar nicht an und für ſich in Zweifel zu ziehen, allein ſie wiederſprach den klaren Erfahrungen deutlich, und gab daher einen Beweis ab, daß die ſogenannte farbenzerſtreuende Kraft

eines Mittels keinesweges mit der Brechkraft im Verhältniſſe ſtehe, daß folglich jene in einem Mittel geringer ſeyn kann, obgleich die Brechkraft deſſelben größer iſt. —

Da nun Euler nicht zweifeln konnte, daß Dollond, entweder zufälliger Weiſe oder auf eine andere Art, durch ſeine Zuſammenſetzung der Gläſer den Fernröhren eine wichtige Verbeſſerung verſchaft hätte, ſo ließ er ſeinen erſten Entwurf, zwey Mittel von verſchiedener Brechbarkeit zu gebrauchen, fahren, und wandte ſeine Gedanken bloß auf die Verbeſſerung der Abweichungen, welche von der Kugelgeſtalt der Gläſer abhangen. Inzwiſchen nahm es ihm Wunder, daß Dollond durch Schlüſſe, welche der Natur der Dinge ganz zuwider wären, auf eine ſo wichtige Entdeckung gekommen ſeyn ſollte.

Endlich aber ward Euler von der Richtigkeit der Dollond'ſchen Entdeckungen überzeugt, und geſtand offenherzig, daß er ſich vielleicht nie davon hätte überführen laſſen, wenn nicht Clairaut ihm verſichert hätte, daß die Dollondſchen Erfahrungen völlig zuverläſſig wären. Die Verſuche des Herrn Johann Ernſt Zeiher [d]), nachmaligem Profeſſor der Mathematik zu Wittenberg, vollendeten endlich ſeine Ueberzeugung. Dieſer hatte nämlich gezeigt, daß das Bley, welches man zu einigen Glasarten nimmt, diejenige Materie iſt, welche dem Glaſe die beſondere Eigenſchaft giebt, daß die Brechung der äußern Strahlen ſehr verſchieden iſt, ohne daß ſich die Brechung der mittleren merklich ändert. Durch mehreren Zuſatz von Bley brachte er eine Glasart hervor, welche die Strahlen

d) Mém. de Berlin 1763. p. 119.

len weit ſtärker, als das Flintglas, zerſtreuete. So ſahe ſich Euler genöthigt, ſeinem bisherigen Grundſatze, daß die Zerſtreuung der Strahlen von der Brechung der mittleren abhangen müſſe, zu entſagen, und einzugeſtehen, daß jene hauptſächlich auf die Beſchaffenheit des Glaſes ankomme, und dieſe davon faſt unabhängig iſt.

Aus dieſen Grundſätzen leitete Euler Formeln für die Zuſammenſetzung der Gläſer her, und giebt, wie Clairaut und d'Alembert, Regeln zur Verfertigung der achromatiſchen Fernröhre. Während dieſer ſeiner Beſchäftigung erhielt er einen Brief von Zeiher dat. den 30 Jan. 1764., darin dieſer ihm von dem Erfolge ſeiner Verſuche umſtändliche Nachricht ertheilte, daß er nämlich durch die Vermiſchung von Mennige und Kieſel in verſchiedenen Verhältniſſen ſechserley Arten Glas hervorgebracht habe, deren mittlere Brechungs- und Zerſtreuungskraft in folgender Tafel angegeben ſind:

Verhältniſſe der Mennige und Kieſel	Mittlere Brechung aus Luft in Glas	Zerſtreuungsverhältniß in Vergleichung mit gemeinem Glaſe
I. - - - 3:1	2028:1000	4800:1000
II. - - 2:1	1830:1000	3550:1000
III. - - 1:1	1787:1000	3259:1000
IV. - - $\frac{3}{4}$:1	1732:1000	2207:1000
V. - - $\frac{1}{2}$:1	1724:1000	1800:1000
VI. - - $\frac{1}{4}$:1	1664:1000	1354:1000

Aus dieſer Tafel ſieht man, daß eine größere Menge Bley nicht allein eine größere Zerſtreuung der Strahlen verurſacht, ſondern auch die mittlere Brechung vergrößert. Die erſte dieſer Glasgattungen, welche dreymal ſo viel Mennige als Kieſel enthält, iſt ſehr merkwürdig, weil man ſonſt keine durchſichtige

Mate-

Materie gekannt hat, welche das Licht ſtärker, als in dem Verhältniſſe von 1:2 bräche, und weil die Zerſtreuung der Strahlen durch dieſes Glas faſt fünfmal größer iſt, als durch das Kronglas: ein Umſtand, der denen unglaublich vorkommen mußte, welche gezweifelt hatten, ob das Flintglas eine nur anderthalbmal größere Zerſtreuung, als das Kronglas, hervorbringen könnte.

Euler c) giebt aber von noch einer andern nicht weniger merkwürdigen Entdeckung eben des Zeihers Nachricht, die alle ſeine Entwürfe zur Erklärung dieſer Erſcheinungen zernichtete. Weil die obigen ſechs Glasarten bloß aus Mennige und Kieſel zuſammengeſetzt waren, ſo kam Zeiher auf den Gedanken, noch alkaliſche Salze dazu zu ſetzen, und dem Glaſe mehrere Dichtigkeit zum beſſern Gebrauche in der Dioptrik zu geben. Er wunderte ſich aber nicht wenig, als er fand, daß dieſe Miſchung die mittlere Brechung ſehr verminderte, ohne die Zerſtreuung faſt im geringſten zu ändern. Nach vielen Verſuchen erhielt er endlich eine Gattung Glas, welche das Dollond'ſche Flintglas, in Abſicht des Gebrauchs zu Fernröhren, weit übertrifft, weil ſie das Licht dreymal ſo ſehr, als das gemeine Glas zerſtreuet, und doch das Verhältniß der mittleren Brechung nur das von 1,61 zu 1 iſt.

In einem andern Aufſatze ertheilt Euler Vorſchriften, wie ſowohl die mittleren, als äußern Brechungen verſchiedener Glasarten zu finden ſind, und giebt den Rath, Prismen mit großen brechenden Winkeln, gegen 70 Grade, zu nehmen.

Aus

c) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin 1776. p. 150.

Aus Eulers vielen Abhandlungen über dieſen Gegenſtand entſtand endlich das vorzüglich wichtige Werk, welches der Optik eine ganz andere Geſtalt gegeben hat, nämlich die in lateiniſcher Sprache in den Jahren 1769—1771 zu Petersburg in drey Bänden herausgegebene Dioptrik, welches aber beynahe nur denen brauchbar iſt, die die Mathematik zu ihrem Hauptgeſchäfte machen. Die vornehmſten Reſultate dieſes Werks hat Klügel auf einem kürzern Wege geſucht, und ſie in ſeiner analytiſchen Dioptrik vorgetragen, wodurch angehenden Mathematikern die Bemühung, die neuere Dioptrik zu erlernen, gar ſehr erleichtert worden iſt. Auch Fuß in Petersburg hat aus Eulers Dioptrik zum Gebrauch der Künſtler einen kleinen Auszug von Vorſchlägen zu achromatiſchen Fernröhren in franzöſiſcher Sprache herausgegeben, welcher von Klügel [f]) ins Deutſche überſetzt worden iſt.

Im Jahr 1758. ertheilte Dollond dem Fernrohre noch eine Verbeſſerung, indem er zwey Objektivgläſer von Kronglas und eins von Flintglas mit einander verband. Sein Sohn, Peter Dollond, hat nachher die dreyfachen Objektivgläſer in noch größerer Vollkommenheit verfertigt.

Ueberhaupt ſind die achromatiſchen Fernröhre ſeit ihrer Erfindung jederzeit von engliſchen Künſtlern in großer Vollkommenheit verfertigt worden, ob ſie ſich gleich bey der Ausarbeitung derſelben mehr auf Verſuche, als auf die Anwendung der von Clairaut,

f) Umſtändliche Anweiſung, wie alle Arten von Fernröhren in der größten möglichen Vollkommenheit zu verfertigen ſind. Leipz. 1778. 4.

raut, d'Alembert und Euler berechneten Formeln verlaſſen haben. Bernoulli[g]) meldet, glaubwürdige Perſonen hätten ihm verſichert, daß der jüngere Dollond eine große Menge Linſengläſer von beyderley Arten Glaſe auf geradewohl ſchleiſe, und damit verſchiedene Proben anſtelle, bis er endlich eine Zuſammenſetzung finde, die im dunkeln Zimmer ein ſcharf begrenztes farbenloſes Bild gebe; Dollond habe ihm auch ſelbſt geſagt, daß er faſt alles durch praktiſche Vortheile und durchs Probiren ausrichte. Denn die beträchtlichen Abweichungen der Güte der Glasmaſſen verſtatteten nicht, die Theorie jederzeit richtig zu gebrauchen. In den engliſchen Glashütten pflege man das Glas in hohle Cylinder zu rollen, aus welchen ſich die daſigen Künſtler die beſten ausſuchen könnten; nachher ſchmelze man die übrigen Cylinder in ganze Maſſen mit unebenen Oberflächen zuſammen, an welchen man gar nicht wahrnehmen könne, ob das Glas Blaſen oder Streifen habe, oder nicht. Andere Künſtler könnten das Glas faſt nie anders, als in der letzten Geſtalt erhalten, und bekämen es daher mehrentheils ſchlecht.

Der Dûc de Chaulnes[h]) hat verſchiedene Methoden angegeben, die Größe der Farbenzerſtreuung zu beſtimmen. Er befeſtigte in der Oefnung eines finſtern Zimmers Stücke des beſten rothen und blauen Glaſes, welches er erhalten konnte, worüber Haare ins Kreuz gewickelt waren, und maaß darauf aufs genaueſte die Entfernung der Vereinigungspunkte der Strah-

g) Lettres aſtronomiques. Berlin 1771. 8. lettre 5.

h) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1767.

Strahlen, die er mit einem Linſenglaſe auffing, deſſen Entfernung von der Oeffnung er kannte, und deſſen mittlere Brennweite er aufs genaueſte vorher beſtimmt hatte. Auf dieſe Art verglich er das Glas von St. Gobin mit dem engliſchen Flintglaſe, und fand, daß die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Flintglas ein Fuß $6,6\frac{3}{16}$ Zoll, und der blauen Strahlen ein Fuß $6,3\frac{3}{16}$ Zoll betrug; dagegen die Vereinigungsweite der rothen Strahlen für das Glas von St. Gobin ein Fuß $8,2\frac{7}{16}$, und der blauen ein Fuß $8,0\frac{10}{16}$ Zoll groß war. Die Vereinigungsweite der weißen Strahlen war für jenes Glas ein Fuß $6,4\frac{11}{16}$ Zoll, und für dieſes ein Fuß $8,2\frac{3}{16}$ Zoll, ſo daß die Zerſtreuung für jenes ſich zu der für dieſes verhielt wie 3 zu $1\frac{13}{16}$.

Auch erfand der Duc de Chaulnes Methoden, die Größe der Krümmung, welche Gläſer, die zu achromatiſchen Fernröhren gebraucht werden ſollen, haben müſſen, und die Entfernungen, in welche man ſie ſtellen muß, genau zu meſſen. Desgleichen gab er ſich viele Mühe, an allen Werkzeugen, die er gebrauchte, Mikrometer anzubringen.

Der P. Boscowich [i]) beſchreibt ferner unter dem Nahmen eines Vitrometers ein Werkzeug, die Brechungs- und Zerſtreuungskraft jeder Gattung Glaſes zu beſtimmen. Es iſt ein halb prismatiſches Gefäß mit einem veränderlichen brechenden Winkel, welches mit Waſſer angefüllt wird, und in welches ein Prisma von derjenigen Glasart, die man unterſuchen will, gelegt wird. Aus dem Winkel des erſtern Prisma, wenn der Gegenſtand durch beyde ohne Farben

i) Diſſertat. quinque ad dioptricam pertinentes. Vien. 1767. 4. diſſ. prima.

ben geſehen wird, wird auf die Brechungs- und Zerſtreuungskraft des Glaſes geſchloſſen.

Farben, und hieher gehörige Beobachtungen.

Das Weſen der Farben erklärt Euler [k]) nach ſeiner Theorie auf folgende Art: Die Farben entſtehen nämlich aus der verſchiedenen Geſchwindigkeit, mit welcher die Schwingungen des Aethers auf einander folgen. Aus ſeiner Hypotheſe über die Urſache der Brechung leitet er den Satz her, daß diejenigen Strahlen, in welchen die Pulſus ſchneller auf einander folgen, weniger brechbar ſeyn müſſen, als diejenigen, worin ſich die Schläge langſamer ſuccediren, daher er denn dem rothen Lichte die größte, dem violetten die geringſte Geſchwindigkeit der Schläge zuſchreibt. In einer andern Schrift [l]) aber erinnert er, daß man die Sache auch umgekehrt erklären könne, und daß die rothen Strahlen wahrſcheinlich durch eine kleinere Anzahl von Schwingungen hervorgebracht würden, als die violetten. — Es iſt in der That kein gutes Symptom einer Hypotheſe, einerley Erſcheinung auf zweyerley ganz entgegengeſetzte Arten zu erklären. —

Nach Eulern beſteht das Zuſammengeſetzte des Sonnenlichts nicht in der Miſchung mehrerer gefärbten Strahlen, ſondern darin, daß die Pulſus deſſelben nicht alle in gleichen Zeiträumen, ſondern manche ſchneller, manche langſamer auf einander folgen. Die geſchwin-

k) Theoria lucis et colorum in Opuſ. varii argum. Berol. 1746. 4.

l) Eſſai d'une explication phyſique des couleurs engendrées ſur des ſurfaces extrêmement minces in den Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin an. 1752.

ſchwinder folgenden werden nun weniger, als die übrigen, gebrochen, und ſo entſtehen durch das Brechen aus Einem Strahle mehrere. Leuchtende Körper zeigen eine gewiſſe Farbe, wenn ihre zitternden Theile dem Aether Schläge von gewiſſen Geſchwindigkeiten eindrucken. Iſt die Bewegung nicht heftig, und folgen ſich alſo die Schläge langſam, ſo entſtehen blaue Farben, wie bey der Flamme des Weingeiſtes; heftigere und ſchnellere Schwingungen erzeugen gelbe und rothe Farben. Daher auch die Flamme eines Lichts unten blau, in der Mitte gelb, und oben roth iſt.

Dunkele Körper ſehen roth aus, wenn die meiſten Theile auf ihrer Oberfläche die Spannung haben, daß ſie dem Aether diejenige Geſchwindigkeit eindrucken, welche der rothen Farbe zugehört u. ſ. f. Weiß iſt ein Körper, wenn er dem Aether Schläge mit allerley proportionirlichen Geſchwindigkeiten mittheilt; ſchwarz, wenn er ihm gar keine eindruckt. Ueberhaupt iſt nach Eulern das Licht, wodurch ein farbiger Körper ſichtbar wird, nicht mehr ein Theil desjenigen Lichts, das ihn erleuchtet, ſondern es beſteht aus neuen auf der Oberfläche des Körpers erſt erregten Schwingungen. Zinnober ſieht roth aus, nicht weil er einen Theil der Schwingungen des Sonnenlichts zurückſendet, ſondern weil die Schläge des Sonnenlichts ſeine Oberfläche in Bewegung ſetzen, die in dem Aether hinwiederum neue Schläge mit der zur rothen Farbe erforderlichen Geſchwindigkeit hervorbringt. Zurückwerfende und durchſichtige Körper hingegen pflanzen die Schwingungen des auffallenden Lichts ſelbſt fort.

Dieſe Euler'ſche Theorie macht aus den Farben für das Auge das, was die Töne für das Ohr ſind, Vibrationen eines elaſtiſchen Mittels, die ſich mit

mit gewiſſen Geſchwindigkeiten folgen, wobey Violet der tiefere, Roth der höhere Ton, Weiß ein Gemiſch von allen Tönen, gleichſam ein Schall ohne beſtimmten Ton iſt. Dieſes ganze Syſtem, welches das Licht dem Schalle ähnlich macht, iſt in Eulers Briefen an eine deutſche Prinzeſſinn (Th. I. Brief 17 f.) über verſchiedene Gegenſtände der Phyſik und Philoſophie ſehr faßlich vorgetragen.

Melville m) ſucht dieſe Theorie des Herrn Euler ſo zu widerlegen, daß es keine Erſcheinungen gäbe, die ſie bewieſen oder nothwendig machten, da hingegen Newton's Theorie nicht allein die Erſcheinungen erkläre, ſondern auch aus einer Menge von Verſuchen geradezu hergeleitet werde. Nach der Euler'ſchen Hypotheſe müßte ein Körper von einer gewiſſen Farbe, der in das gleichartige Licht einer andern gehalten wird, nicht die Farbe dieſes Lichts, ſondern eine andere, zwiſchen dieſe und ſeine eigene natürliche Farbe fallende, annehmen, welches aber der Erfahrung entgegen iſt.

Das vornehmſte, oder vielmehr einzige Ereigniß, welches Eulern zu dieſer Meynung geleitet haben könne, ſey, daß es vielfarbige Körper gebe, als Metalle, die ſich ſehr glatt poliren laſſen und daher die Bilder anderer Körper ſehr ordentlich zurückzuſenden im Stande wären, dabey aber ihre eigene Farbe behielten, welche man in jeder Lage zu ſehen im Stande ſey. Dasjenige Licht, vermittelſt deſſen man die Bilder der Gegenſtände in ihnen erblicke, ſey ganz richtig das auffallende und gehörig zurück geworfene Licht; aber das andere ſoll von den die Farbe verur-

m) Edinburgh eſſays, Vol. II. p. 38.

ſachenden Theilen des Körpers herrühren. Allein warum iſt es nöthig, ſagt Malville, zu einer ſolchen Vorausſetzung ſeine Zuflucht zu nehmen, da man zuerſt weiß, daß die Beſtandtheile aller undurchſichtigen Körper durchſichtig ſind, daß an jedem durchſichtigen Körper ſich eine doppelte Zurückſtrahlung ereignet, eine an der Vorderfläche, und eine von dem durchgegangenen Lichte an der Hinterfläche; da man ferner weiß, daß ſehr dünne Körper, als Seifenblaſen, oder Luft zwiſchen zwey Linſengläſern, an der Vorderfläche alle Arten von Farben, und an der Hinterfläche nur gewiſſe Arten zurückwerfen? Führen uns dieſe Ereigniſſe, frägt er, nicht natürlicher Weiſe auf die Vermuthung, daß die erſte Art des Lichts bloß ein Theil des auffallenden, und von der Vorderfläche zurückgeſendeten Lichts, die zweyte Art aber ein Theil des durchgegangenen und von der hintern Seite der Theilchen auf die Oberfläche des Spiegels zurückgeſendeten Lichts ſey?

Newton hatte wahrgenommen, daß die Verhältniſſe der Brechung bey den Farben den Verhältniſſen der muſikaliſchen Töne in der Oktave ähnlich ſind. In dieſer Aehnlichkeit glaubte der P. Caſtel, ſonſt ein eifriger Gegner Newton's, einen Grund zu einer Farbenmuſik zu finden. Im Jahr 1725 gab er unter dem Titel: clavécin oculaire, eine Schrift heraus, in welcher er dieſes Syſtem mit vielem Witze und einer feurigen Einbildungskraft ausſchmückt, und in den Farben harte und weiche Tonarten, Conſonanzen und Diſſonanzen, Melodie und Harmonie, diatoniſches, chromatiſches und enharmoniſches Geſchlecht finden will. Selbſt Krüger [n]) hat einige Ideen von

n) Hamburgiſches Magazin. B. I. St. 4.

von einem Farbenclaviere, vielleicht mehr im Scherze als im Ernſte, angegeben.

Allein der Herr von Mairan o) hat überzeugend dargethan, daß dieſer Gedanke des P. Caſtel ein bloßes Spiel der Phantaſie ſey und bleiben werde. Er zeigt eine zahlreiche Menge von weſentlichen Verſchiedenheiten zwiſchen Farben und Tönen, in Abſicht auf die Empfindungen, welche ſie in uns erregen, und beſchließt dieſe Vergleichung mit den Worten: die Aehnlichkeit des Lichts und des Schalles, und ihrer Modificationen, kömmt am Ende bloß auf gewiſſe äußerliche phyſikaliſche und mathematiſche Verhältniſſe hinaus, die eine höchſt entfernte Beziehung auf ihre in die Sinne fallenden Eigenſchaften haben. In der That haben auch die Mahlerey und Muſik von jeher ganz verſchiedene Mittel angewandt, uns zu vergnügen; jene die contraſtirenden Ruheſtellen und das Nebeneinanderlegen der Farben, dieſe die beſtändige langſamer oder geſchwinder fortſchreitende Folge der Töne und Accorde.

Ueber die Analogie der Farben mit den Tönen hat auch Hartley p) einige Gedanken mitgetheilt. Er ſuchte hieraus die Hypotheſe zu erweiſen, daß die äußerſten rothen Strahlen auf der Netzhaut Schwingungen erregen, die ſich zu den von den äußerſten violetten erregten Schwingungen, in Rückſicht der Menge, verhalten wie 1 : 2; und daß der Ueberſchuß der Schwingungen, welche jede andere Art von Strahlen, von den rothen bis zu den violetten gerechnet, mehr als die äußerſten rothen erregt, ſich wie die Entfernung ihrer Farbe von dem Roth verhält.

Nimmt

o) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1737.
p) Obſervat. of Man. Vol. I. p. 193. 196.

Nimmt man dieß an, ſagt er, ſo werden die Schwingungen, welche von dem äußerſten Roth, der Gränze von Roth und Orange, von Orange und Gelb, von Gelb und Grün, von Grün und Blau, von Blau und Indigo, von Indigo und Violet, und von dem äußerſten Violet erregt werden, der Newtonianiſchen Beſtimmung dieſer Farben zu Folge, ſich der Anzahl nach verhalten, wie die acht Zahlen 100, $112\frac{1}{2}$, 120, $133\frac{1}{3}$, 150, $166\frac{2}{3}$, $177\frac{7}{9}$ und 200, ſo daß die Entfernungen dieſer Grenzen und des äußerſten Violet von dem äußerſten Roth durch die ſieben Zahlen $12\frac{1}{2}$, 20, $33\frac{1}{3}$, 50, $66\frac{2}{3}$, $77\frac{7}{9}$ und 100 ausgedruckt werden.

Unter andern Folgerungen, welche er aus dieſer Hypotheſe zieht, bemerkt er auch dieß. Die grünen verhalten ſich auf der einen Seite zu den gelben wie 9 zu 8, und auf der andern zu den blauen wie 9 zu 10; d. i. nach dem Maaße eines ganzen Tons; ferner zu den rothen wie 4 : 3, zu den violetten wie 3 zu 4, d. i. nach dem Maaße der Quarte; weiter verhalten ſich die gelben zu den rothen wie 6 zu 5, d. i. wie die kleine Terz; zu den blauen, wie 4 zu 5, d. i. wie die große Terz; zu den violetten wie 2 zu 3, d. i. wie die Quinte; desgleichen die blauen zu den violetten wie 5 zu 6, d. i. wie die kleine Terz; und zu den rothen wie 3 zu 2, d. i. wie die Quinte; endlich die rothen zu den violetten wie 9 zu 16, d. i. wie die kleine Septime. Es möge alſo wohl der Unterſchied der hier ausgedruckten Schwingungen den Grund enthalten, daß die Seele die hier angeführten fünf Farben deutlich von einander unterſcheidet, aus eben den Urſachen, die, welche ſie auch ſeyn mögen, bey den Tönen ſtatt finden. Denn die natürlichen Körper werfen alle dieſe Farben in großer

Men-

Menge, und in hinlänglicher Reinigkeit, ſo viel hier nöthig iſt, zurück. Wir fangen vermuthlich vom Grünen, als der gemeinſten Farbe an. Wenn dieſe Farbe, ſo wie ſie z. E. das Gras hat, dem Auge eines Kindes vollkommen bekannt geworden iſt, ſo mag es denn wohl anfangen, gelb und blau davon zu unterſcheiden, noch mehr aber roth und violet, ſo wie dieſe Farben an Blumen ſich zeigen, und es wird auch dieſe ſelbſt von einander unterſcheiden. Das Grüne ſcheint ihm wegen der Menge und Reinigkeit des Grüns von der dritten Ordnung, d. i. des Graſes und der Pflanzen überhaupt, einen Ruhepunkt in der Mitte der Farben abzugeben. Eben daher wird man auch die verſchiedenen Schattirungen von Roth, Orange, Grün, Blau und Violet, als verſchiedene Grade derſelben Farbe anſehen können, weil nämlich ihre Schwingungen wenig von einander verſchieden ſind. Endlich ſtimmt auch dieß mit unſerm gewöhnlichen Verfahren in andern Dingen überein. Große Unterſchiede in unſern Empfindungen drucken wir durch verſchiedene Benennungen aus; nahe verwandte durch einerley Benennungen. So geben uns die beyden angeführten Vorausſetzungen einen natürlichen Grund an, warum wir fünf Hauptfarben, Roth, Gelb, Grün, Blau und Violet unterſcheiden; wie denn auch Newton anfänglich in dem prismatiſchen Sonnenbilde nicht mehr als dieſe von einander unterſchieden hat, wie man aus ſeinen optiſchen Vorleſungen ſehen kann.

Es iſt merkwürdig, fährt Hartley fort, daß die Ordnung der fünf ganzen und der beyden halben Töne einer Oktave, welche der Folge der ſieben Hauptfarben entſpricht, die zweyte in Abſicht auf abſolute Vollkommenheit iſt, wie es Newton in einem noch ungedruck-

gedruckten Aufſatze über die Muſik angemerkt hat; hingegen die erſte in Abſicht auf relative Vollkommenheit, d. i. unter denjenigen Ordnungen, wo die halben Töne in gleichen Entfernungen von der Mitte oder den Enden ſind, ein Umſtand, der bey den Farben offenbar nothwendig iſt. Denn wenn deutlich unterſchiedene Farben aus Verhältniſſen entſtehen, und eine um einen halben Ton verſchiedene Farbe nach dem Roth entſteht, wofern man auf dieſer Seite anfängt, ſo muß eine dieſer entſprechende Farbe nach dem Violet entſtehen, wenn man auf der andern Seite anfängt. Die Zuſammenſtimmung der Verhältniſſe, welche hier entſtehen muß, macht dieß nothwendig, vorausgeſetzt, daß der Unterſchied der Farben auf Verhältniſſen beruht.

Ferner, wenn der Unterſchied der Farben auf Verhältniſſen der Schwingungen beruht, ſo kann man erwarten, daß die Farben da breiter ſeyn werden, wo die Schwingungen häufiger ſind, weil man zu einer größern Zahl mehr hinzuthun muß, um ein gleiches Verhältniß herauszubringen. Und jede Farbe hat ihre gewiſſe Breite, die zu einer nach Gefallen angenommenen Folge der Verhältniſſe ihrer Schwingungen gegen einander paſſen muß. Da nun die Breite der ſieben Hauptfarben, ſo wie ſie Newton beſtimmt hat, zu den möglichſt einfachen Verhältniſſen, nach dem möglichſt einfachen Geſetze der Vermehrung der Schwingungen paßt, ſo können wir daher einen Beweisgrund ſowohl für die Lehre von den Schwingungen überhaupt, als von den beſondern hier angezeigten Verhältniſſen der Schwingungen hernehmen. Zwey Stükke, fügt Hartley hinzu, verdienen hiebey beſonders in Betrachtung gezogen zu werden, erſtlich, daß Newton's prismatiſches Sonnenbild ohngefähr 10 Zoll lang

lang war, daher alſo die Breiten der ſieben Hauptfarben, vom Roth bis zum Violet, in Zollen 1,25; 0,75; 1,33; 1,66; 1,66; 1,11; 2,22 betrugen, daß alſo, bey dieſer beträchtlichen Größe, ein kleiner Irrthum in Beſtimmung der Grenzen der Farben ihrer gegenſeitigen Verhältniſſe wenig ändert; zweytens, die Grenzen der Farben wurden ohne Rückſicht auf irgend eine Hypotheſe beſtimmt, und die Meſſung mehrmals wiederholt. Inzwiſchen, ſagt er, wäre es wohl der Mühe werth, die Breite der ſieben Hauptfarben aufs neue zu meſſen, und ſie mit der hier vorgetragenen Hypotheſe zu vergleichen.

Auch bemerkt Lambert[q]), daß bey der Newton'ſchen Abtheilung viel Willkührliches ſtatt finde. Die Farben verlieren ſich allmählig in einander, und wer Luſt hätte, die 12 halben Töne der Oktave in den Farben zu finden, würde die einer jeden beliebigen Temperatur zugehörende Eintheilung der Streifen herausbringen können. Inzwiſchen, ſetzt er hinzu, bleibt ſo viel richtig, daß in dem prismatiſchen Bilde die farbigen Streifen vom Rothen gegen das Violet in der That dergeſtalt in der Breite anwachſen, daß man nicht ſowohl die Summe ihrer Breiten, als die Summe ihrer Verhältniſſe zum Maaße derſelben nehmen muß, ſo wie es in der Muſik mit den Tönen geſchieht.

Ungeachtet Newton ſich außerordentliche Mühe gegeben hatte, die farbigen Ringe an dünnen Blättchen zu unterſuchen, ſo hat er doch ſehr viel Weſentliches überſehen, wie aus den Verſuchen erhellet, welche

q) Beſchreibung einer mit dem Calauſchen Wachſe ausgemahlten Farbenpyramide ꝛc. Berlin 1772. 4. §. 19.

che in neuern Zeiten, und beſonders von dem Abbé Mezeas r) angeſtellt worden ſind.

Als dieſer die flache Seite eines Objektivglaſes auf einem recht ebenen Spiegelglaſe vollkommen glatt ſchleifen wollte, fühlte er nicht allein ſehr bald einen ſtarken Widerſtand, ſo daß er das Objektivglas nicht mehr aus der Stelle bringen konnte, ſondern bemerkte auch mit Verwunderung zwiſchen dieſen beyden ebenen Glasflächen die nämlichen Farben, welche Newton zwiſchen der erhabenen Seite eines Objektivglaſes und einer ebenen Glasfläche geſehen hatte. Dadurch ward er veranlaßt, dieſen Gegenſtand näher zu unterſuchen. Seine Reſultate ſind folgende:

Wenn man zwey durchſichtige und wohl polirte Glasplatten über einander fortſchiebt, und ſie, ſo viel möglich, allenthalben gleich ſtark gegen einander andruckt, ſo wird man bisweilen in der Mitte, bisweilen nach dem Rande hin einen Widerſtand fühlen, und da, wo dieſer ſich äußert, zwey oder drey feine krumme Linien bemerken, die theils bloß roth, theils matt grün ſind. Je länger man die Platten gegen einander reibt, deſto mehr werden der rothen und grünen Linien an der Berührungsſtelle, und ſie erſcheinen bald unordentlich, bald ordentlich unter einander gemengt. In dem letztern Falle entſtehen concentriſche Kreiſe oder Ellipſen, welche mehr oder weniger länglicht ſind, nachdem die Oberflächen mehr oder weniger zuſammenhangen. Dieſe bunten Figuren entſtehen ſicher, wenn man die Gläſer vorher wohl abwiſcht und erwärmt.

Sobald

r) Obſervations ſur des couleurs engendrées par le frottement des ſurfaces planes et transparentes in den Mém. de Berlin 1752. p. 248. und vermehrt in den Mém. préſentés T. II. p. 26.

Sobald ſich die Farben gezeigt haben, ſo hangen die Gläſer ſehr ſtark zuſammen, und bleiben ſo, ohne daß ſich die Farben verändern. In der Mitte aller dieſer elliptiſchen Figuren, welche gewöhnlich über zehn Linien lang ſind, zeigt ſich ein eben ſo geſtaltetes Scheibchen, gleichſam als wenn man die Glasblättchen zwiſchen die Gläſer gelegt hätte. In dieſer Mitte befindet ſich oft ein ſchwarzer Fleck, welcher, durch ein Prisma betrachtet, lebhaft violett erſcheint.

Trennt man die Gläſer plötzlich von einander, ſey es, daß man ſie horizontal über einander wegſchiebt, oder, wenn dieß nicht angeht, ſie ans Feuer hält, und bringt man ſie gleich darauf wieder zuſammen, ſo kann man, ohne daß man ſie über einander zu reiben braucht, die Farben hervorbringen, wenn man ſie erſt behende und allmählig ſtärker zuſammendruckt. Zuerſt entſteht ein eyförmiges blaßrothes Scheibchen mit einem hellgrünen Fleck in der Mitte, der bey zunehmendem Drucke eine grüne eyrunde Geſtalt annimmt, und einen rothen Fleck in der Mitte bekommt, welches forthin immer ſo abwechſelt. Zwiſchen dem Rothen und Grünen zeigen ſich auch noch andere Farben, welche man aber in dem folgenden Verſuche mit prismatiſchen Gläſern beſſer unterſcheidet.

Man ſieht hieraus, wie die Entſtehung der Farben an ebenen und krummen Flächen verſchieden iſt. An jenen war es, den eben beſchriebenen Fall ausgenommen, ihm nicht möglich, ſie durch den bloßen Druck hervorzubringen. Die Urſache davon war, daß er die Gläſer, ohne ſie gegen einander zu reiben, nicht ſo nahe zuſammenbringen konnte, als es zu dieſer Abſicht nöthig war.

Nunmehr ſtellte Mezeas auch Verſuche mit dünnen Prismen an, die er ſo zuſammenlegte, daß ſie ein Parallelepipedum ausmachten, und ſie gegen einander rieb, worauf an den Berührungsſtellen vortrefflich glänzende Farben entſtanden. Die bunten Ellipſen, die ſich hier zeigten, hatten eine weit lebhaftere Farbe, als bey dem erſten Verſuche, allein das goldfarbene Scheibchen war weißlicht, und nur gegen den Rand zu gelblich gefärbt. Es hatte daſſelbe einen ſchwarzen Fleck in der Mitte, und eine dunkelpurpurne Einfaſſung. Darauf folgte Blau, Orange, Purpurroth, ein zartes Grün, und ſchwacher Purpur. An den andern Ringen konnte das bloße Auge nichts als eine ſchwache rothe und grüne Farbe entdecken, welche ſich ſo in einander verloren, daß die Grenzen der Ringe ſich nicht wohl angeben ließen.

Indeſſen waren dieſe Farben keine urſprünglichen prismatiſchen Farben, weil ſie in einander liefen, und ſich zuſammen vermiſchten. Um die Ordnungen derſelben zu beobachten, trennte er die Prismen plötzlich von einander, legte ſie wieder zuſammen, und ließ durch den allmählich nachlaſſenden Druck die Farben eine nach der andern verſchwinden. Die Ordnungen, welche er ſolchergeſtalt fand, waren folgende: 1. ſchwarzer Flecken; weißliches Eyrund; gelber Rand; dunkeles Purpur, 2. Blau; Orange; Purpur, 3. grünlich Blau; gelblich Grün; Purpurroth, 4. Grün; Roth, 5. zartes Grün; mattes Roth, 6. ſchwaches Grün; ſchwaches Roth, 7. ſehr ſchwaches Grün; ſehr ſchwaches Roth.

Als er dieſe farbigen Gläſer über einer Lichtflamme aufhing, verſchwanden die Farben plötzlich; die Gläſer blieben aber feſt an einander, wenn ſie horizontal

zontal hingen. Als ſie kalt geworden waren, kehrten die Farben an ihre Stelle zurück. Darauf nahm er zwey dickere Gläſer, um die Farben gemächlicher beobachten zu können, und ſahe, daß, ſo wie ſie warm wurden, die Farbenſtreifen ſich nach den Rändern der Gläſer hinbegaben, wo ſie immer ſchmäler, und zuletzt ſo fein wurden, daß er ſie nicht mehr erkennen konnte. Nahm er die Lichtflamme weg, ſo ſtellten ſich die Farben in derſelben Ordnung wieder ein. Dieſes wiederholte er ſo lange, bis die Gläſer ſich von der Hitze krümmten.

Mezeas ſchrieb anfänglich mit Newton dieſe Farben den dünnen Luftſcheibchen zwiſchen den Gläſern zu; allein der ſo verſchiedene Erfolg ſeiner Verſuche mit flachen Gläſern, und der mit Objektivgläſern von Newton, überzeugten ihn, daß die Luft nichts dabey thue. Die Farben der ebenen Gläſer verſchwanden bey Annäherung der Flamme, die Farben der Objektivgläſer aber nicht. Selbſt als er die letztern ſo erhitzte, daß das nächſte an der Flamme zerſprang, nahm er nicht die geringſte Erweiterung der farbigen Ringe wahr. Nicht, daß die flachen Gläſer weniger zuſammengepreßt wären, als die erhabenen: denn da er jene mit Zangen an einander drückte, äußerte ſich die Wirkung der Flamme eben ſo geſchwinde. Er legte ſogar die beyden flachen Gläſer, nachdem er ſie allmählich erwärmt hatte, auf glühende Kohlen, und demohngeachtet ſahe er, wie er das obere gegen das untere mittelſt einer eiſernen Stange rieb, dieſelben farbigen Kreiſe und Ellipſen in gleicher Ordnung, wie vorher, entſtehen. Wenn er die Gläſer nicht mehr an einander druckte, verſchwanden die Farben; kamen aber wieder, wenn er die Gläſer aufs neue an

einander rieb, und dauerten ſo lang, bis dieſe an zu ſchmelzen fingen.

Weil er aus der Aehnlichkeit ſeiner Verſuch mit den Newtonianiſchen ſchloß, daß die Farben von der verſchiedenen Dicke irgend einer zwiſchen den Gläſern befindlichen Materie herrührten, ſo machte er mit etwas dickern Materien eine Probe. Er legte eine etwa ein Viertel einer Linie dicke Kugel von Talg zwiſchen die Gläſer, welche er erwärmte, damit der Talg zerfließen möchte; allein er konnte ſo wenig hiemit, als mit andern weichen Subſtanzen, Farben hervorbringen. Da er aber die Gläſer ſtärker in die Runde gegen einander rieb, und darauf nach einer Lichtflamme durch ſie ſah, fand er dieſe mit zwey oder drey concentriſchen Ringen, welche ziemlich breit waren, umgeben. Dieſe hatten ſehr lebhafte Farben, nämlich ein ins Gelbe fallendes Roth und ein ſmaragdenes Grün. Als er die Gläſer noch mehr gerieben hatte, entſtanden noch mehrere Farben, Blau, Gelb und Violet, an den Ringen, insbeſondere wenn er durch die Gläſer Körper, die geradezu von der Sonne erleuchtet waren, betrachtete. Als durch mehreres Reiben der Talg ſehr vertrieben war, wurden die von dem durchgelaſſenen Lichte entſtandenen Farben ſchwächer, dagegen die von dem zurückgeworfenen Lichte verurſachten lebhafter.

Statt des Talges nahm er auch Siegellack, Harz, Wachs, und den Bodenſatz von Urin. Mit dem erſtern hatte er viel Schwierigkeit, es durchs Reiben hinlänglich klar zu machen, wobey er ſeine Gläſer zum öftern erwärmen, und nicht ohne Gefahr, ſeine Finger zu verbrennen, den nicht lange dauernden Augenblick, da es flüſſig ward, wahrnehmen mußte. Da ihm

ihm endlich der Verſuch mit Siegellack glückte, ſo erſchien es durch zurückgeworfenes Licht undurchſichtig mit ſeiner gewöhnlichen Farbe, allein bey durchgehendem Lichte nahm er dieſelben Ringe, wie an dem Talge, wahr, ſo wie er überhaupt an den Farben des Talges, Siegellackes, Wachſes und Harzes wenig Unterſchied entdecken konnte: außer daß das letztere nicht ſo lebhafte Farben erzeugte, weil ſeine Theilchen zu durchſichtig ſind. Der Bodenſatz von Urin brachte lebhaftere Farben hervor. Wie er die Gläſer damit über einer Lichtflamme hielt, verſchwanden die Farben, und es entſtanden äſtige Figuren, wie Reif geſtaltet, welche ſich wieder verlohren, da die Gläſer kalt wurden.

Um zu verſuchen, was die Dünſte für Wirkung thäten, hauchte er eine ſeiner Glasplatten an, und es entſtand von den ans Glas ſich hangenden Dünſten, ehe ſie ſich gänzlich verlohren, bisweilen eine Menge ſehr abwechſelnder Figuren. Allemahl glückte aber dieſer Verſuch nicht ſogleich. Man muß mehrmahls auf das Glas hauchen, und nicht vergeſſen, es jedesmahl abzuwiſchen, ſowohl um die Feuchtigkeit wegzunehmen, welche ſonſt die Dünſte feſt halten möchte, als auch, um auf dem Glaſe gleichſam Furchen zu machen, welche den Farben dadurch, daß ſie die Dünſte ungleich dick machen, mehr Abwechſelungen geben. Das Glas muß nicht mit Queckſilber belegt ſeyn. Waren die Waſſertheilchen, woraus dieſer Dunſt beſtand, zu dick, als daß ſie Farben hervorbringen konnten, ſo zertheilte er ſie mit einem Pinſel, worauf er unzählig viel bunte Fäden erblickte, die ſehr ſchnell auf einander folgten.

Er brachte einen Waſſertropfen zwiſchen zwey Stücke gemeinen Glaſes, und konnte zwar durchs Zuſammendrucken keine Farben hervorbringen, wogegen er aber, wenn er den Waſſertropfen von einem Orte zum andern ſich bewegen ließ, wahrnahm, daß auf dem Wege, den er nahm, große Flecken von rother, gelber, grüner, purpurner u. ſ. Farbe entſtanden, welche mit großer Geſchwindigkeit ſich veränderten und dem Auge die ſchönſte Abwechſelung von Schattirungen darſtellten.

Damit er verſichert ſeyn konnte, daß die Dünſte die Farben bey ſeinen erſten Verſuchen hervorgebracht hätten, hauchte er vorher eine ſeiner Glasplatten an, ehe er ſie an einander rieb, worauf die Farben in derſelben Ordnung, wie vorher, erſchienen, aber dunkel und unordentlich an den von den Dünſten eingenommenen Stellen zerſtreuet waren. Sie erhielten ihren vorigen Glanz, als er die wäſſerichten Theile durch Hitze vertrieb.

Newton hatte zwiſchen ſeine Objektivgläſer einen Waſſertropfen gebracht, und beobachtet, daß, ſo wie das Waſſer zwiſchen die Gläſer eindrang, die Farben matter, und die Ringe enger wurden; und weil er dieſe Farben von der Dicke des Waſſerſcheibchens, ſo wie die erſtern von der Dicke des Luftſcheibchens herleitete, ſo hatte er die Durchmeſſer der farbigen Ringe an dem Waſſer gemeſſen, und daraus berechnet, daß die Zwiſchenweiten der Gläſer bey ähnlichen Ringen für dieſe beyden Mittel nahe wie 3 : 4 ſich verhalten, und daraus den Schluß gezogen, es verhielten ſich für andere Mittel die Zwiſchenweiten, wie die Brechungsſinus aus dieſen Mitteln in die Luft.

Um ſich nun zu verſichern, ob die farbigen Ringe ſeiner Gläſer blos von der Dicke des Waſſers ab-

hin-

hingen, tauchte Mezeas ſie mit einem Rande in das Waſſer, nachdem er ſie, ehe er die Farben durch Reiben hervorbrachte, wohl abgewiſcht und erwärmt hatte. Das Waſſer brauchte eine ziemliche Zeit, um in die Höhe zu ſteigen, und ſo wie es heraufſtieg, nahm er ein ſehr dünnes Waſſerſcheibchen wahr, das über der Materie, die, ſeiner Meynung nach, die Farben hervorbrachte, ohne ſich damit zu vermiſchen, fortlief. Denn über dieſem Waſſerſcheibchen hinaus ſahe er die Farben noch immer an derſelben Stelle, und in einerley Ordnung, nur daß ſie tiefer und dunkeler waren; und da er die Gläſer über einer Lichtflamme hielt, ſahe er ſie verſchwinden, und wiederkommen, ſo wie er die Flamme näherte oder entfernte. Darauf befeuchtete er die Gläſer noch ſtärker, als vorher, rieb ſie wie gewöhnlich gegen einander, und ſahe immer die gleiche Erſcheinung; auch fand er, wenn er die Gläſer in dem Augenblick, da die Farben verſchwunden waren, von einander ſonderte, daß ſie immer naß waren. Deßwegen glaubte er, die Farben könnten nicht vom Waſſer, ſondern müßten von einer andern gegen die Hitze empfindlichern Materie herrühren. Auch glaubte er, dieſe farbigen Ringe entſtünden nicht von der Zuſammenpreſſung der Gläſer, oder wenn hierauf ja etwas ankomme, ſey es doch nur in Abſicht auf die Modificationen, nicht auf die Hervorbringung der Farben.

Dieſe Verſuche des Abbé Mezeas wurden von du Tour [s]) mit einigen Veränderungen wiederholt. Dieſer bemerkt gegen Newton, daß ein Luftſcheibchen ſo wenig zur Hervorbringung farbiger Ringe nö-

thig

s) Mémoires préſentés, Vol. IV. p. 289.

thig iſt, als vielmehr eben die Luft es iſt, welche die Erſcheinung derſelben an den flachen Gläſern verhindert, weil ſie ſich an ihren Oberflächen anhängt, und ſich durch bloßes Zuſammendrucken nicht vertreiben läßt; es ſey denn, daß an einer Stelle ſchon vorher ſich Farben gezeigt haben, in welchem Falle ſie, durch das Auflegen, ohne Reiben, ſich hervorbringen laſſen, weil die Luft alsdenn vermuthlich nicht die Zeit hat, ſich feſt genug an das Glas zu hängen. Andere Materien ſind, wie er fand, durch die Berührung mit dem Glaſe dem Verſuche nicht ſo hinderlich. Denn wenn er die Gläſer mit irgend einer Fettigkeit ganz dünne überſtrich, entſtanden die Ringe ohne Reiben, wie auch, wenn er ſie gelinde in Waſſer tauchte, oder mit ſeinem Finger abwiſchte. Dieſe Muthmaßung beſtätigte er durch folgende Erfahrung. Er tauchte zwey Glasplatten, deren eine abgewiſcht war, die andere nicht, ins Waſſer, brachte ſie unter einen Recipienten, und fand, daß nach ausgepumpter Luft an der letzten ſich Bläschen zeigten, an der erſten aber nicht.

Wenn eins von den Gläſern erhaben iſt, ſo möge, ſagt er, die Luft durch den bloßen Druck ſich herausziehen können, welches aber nicht angehe, wenn ihr zwiſchen zwey platten Glasplatten alle Auswege benommen ſind. Die Luftpumpe, findet er, kann die an der Oberfläche eines Körpers liegenden Lufttheilchen nicht wegbringen, weil die Glasplatten, die er unter einem luftleeren Recipienten eine ziemliche Zeit hatte liegen laſſen, dadurch zu dem Verſuche nicht ſo tauglich wurden, als durch das Abwiſchen.

Auch Muſſchenbroek t) beſchäftigte ſich mit dieſem Gegenſtande. Seine Art, die Verſuche mit flachen

t) Introductio ad philoſoph. naturalem. Vol. II. §. 1837. ſqq.

flachen Glasplatten anzuſtellen, geht noch etwas von der des Abbé Mezeas ab. Er wiſchte ſie mit rectificirtem Weingeiſte ab, rieb ſie mit warmer Wolle, wärmte ſie auf reinem Kohlenfeuer, legte eine auf die andere, ſo daß Rand auf Rand kam, druckte die obere ſtark gegen die untere, und rieb ſie gegen dieſe. So entſtanden allerhand hart an einander liegende bunte Streifen über die ganze Oberfläche hin, meiſtentheils purpurfarbig und grün, von verſchiedener Breite und unordentlicher Geſtalt, die deſto mehr in die Augen fielen, je ſchiefer man die Gläſer anſah. Dieſe Platten druckte er mit drey oder vier Schrauben an den Ecken, auch wohl mit einer fünften in der Mitte zuſammen. Um die Stellen, wo die Gläſer angedruckt waren, entſtanden kreisrunde Ringe. Wurden darauf die Platten über Torfkohlen heiß gemacht, ſo erſtreckten ſich die farbigen Streifen bis in die Mitte der Platten, und machten oft Figuren, wie die Faſern tannener Breter mit rundlichen Stellen wie dieſe. Je heiſſer die Platten wurden, deſto beſſer nahmen ſich die Farben aus, ohne daß einige verſchwanden. Selbſt da die eine Platte von der Hitze zerſprang blieben die krauſen Streifen an dem Bruche hin. Wenn die Platten wieder kalt wurden, veränderten die Streifen ihre Figur, wurden ſchmaler und matter von Farbe, vergingen aber doch nicht. Nach zwey Jahren waren die Farben noch nicht verſchwunden. Was Mezeas anführt, daß die Farben, wenn die Glasplatten erhitzt wurden, ſich von der Mitte nach dem Rande hin begeben, und daſelbſt ganz feine Linien bilden, ſagt Muſſchenbroek, habe er nie bemerkt.

Wenn er einen großen Tropfen Weingeiſt auf ein Objektivglas brachte, alsdenn ein anderes darauf

legte, und beyde an zwey entgegengeſetzten Stellen ſtark an einander druckte, ſo breitete ſich der Tropfen ſehr in der Runde aus. Neigte er die Gläſer gegen den Horizont, ließ den Druck der obern Finger nach, und verſtärkte dagegen den Druck der untern, ſo zog ſich der Weingeiſt nach den engern Stellen ſtärker herab, ohne ſich jedoch von den einmahl benetzten Stellen gänzlich wegzuziehen, und es entſtanden mehrere ſehr breite farbige Ringe, drey Zoll im Durchmeſſer groß. Von dieſen Ringen war keine Spur zu ſehen, wie der Tropfen in der Mitte zwiſchen den Gläſern war. So wie der Druck der obern und untern Finger verändert ward, zeigten ſich mehrere Ringe. Dergleichen breite und große Ringe entſtehen auch, ſagt er, wenn ſchwarze Seifenlauge zwiſchen die obern Ränder der Linſen gegoſſen wird, und wenn man, nachdem dieſelbe um die Mitte der Gläſer ſich verbreitet hat, den Druck der obern und untern Finger mit einander abwechſeln läßt. Alsdenn kommen da, wo die Linſen weiter von einander abſtehen, an der Seifenlauge, die ſich an den Glasflächen anhängt, Ringe hervor, und die übrige Lauge fließt nach den engern Stellen hin.

An Objektivgläſern von 100 Fuß Brennweite ereignet es ſich bisweilen, daß, wenn ſie lange trokken gelegen haben, keine Farben daran entſtehen wollen, wenn ſie auf einander gelegt werden, ſelbſt dann noch nicht, wenn man ſie mit reiner trockener Leinewand abwiſcht. Wenn ſie aber alsdenn mit Weingeiſt ſtark gereinigt werden, ſo entſtehen die Farben an den Berührungsſtellen. Die Urſache ſucht er in dem Schmutze der Luft, welcher ſich mit der Zeit daran ſetzt; wozu kommen mag, daß die Salze, welche

zu dem Glaſe genommen werden, etwas verwittern, und faſt unmerkliche Flecken machen, daher alſo die Glasflächen rauh werden, und ſich nicht dicht genug an einander fügen, ein Umſtand, welcher durch das Abwaſchen und Abwiſchen gehoben wird. Woher übrigens die farbigen Ringe entſtehen mögen, ſagt er, das ſey noch gar nicht zur Gewißheit gebracht.

Im dritten Theile S. 98 u. f. iſt angeführt worden, daß Newton die von den dicken Scheibchen verurſachten Farben auf eine ähnliche Art zu erklären geſucht hat, wie die von dünnen Scheibchen entſtandenen, beſonders in den ſinnreichen Verſuchen, da er einen Lichtſtrahl durch einen Pappbogen auf einen gläſernen Hohlſpiegel fallen, und wieder auf ihn zurückprellen ließ, wodurch ſich auf der Pappe farbige Ringe zeigten. Dieſe Verſuche wiederholte der Dúc de Chaulnes x) mit gutem Erfolge. Die Farben erklärte er aus der Brechung des Lichts.

Zufälliger Weiſe bemerkte der Dúc de Chaulnes, daß, wenn der gläſerne Spiegel durch Anhauchen trübe gemacht war, ein weißes zerſtreuetes und lebhaftes Licht ſich über den Pappbogen ausbreitete, und daß die Farben der Ringe ſtärker und deutlicher wurden. Damit dieſe Erſcheinung von Dauer wäre, befeuchtete er die Oberfläche mit Milch und Waſſer, welches er darauf trocken werden ließ.

In allen ſeinen hierüber angeſtellten Verſuchen fand er, daß, wenn die Strahlen zuſammenlaufend auf die Fläche des Spiegels fielen, die Farbenringe kaum zu erkennen waren; fielen ſie parallel darauf, ſo waren ſie deutlich genug; am lebhafteſten wurden ſie,

x) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris, an. 1755.

ſie, wenn er vermittelſt eines in der Oeffnung des Fenſters angebrachten Converglaſes ſie nach dem Mittelpunkte der Kugel, aus welcher der Spiegel geſchliffen war, hinleitete, ſo daß ſie ſenkrecht auf den Spiegel fielen. Alsdenn konnte er das durch die Zurückwerfung entſtandene Bild weit von dem Loche entfernen, ohne daß darum die Ringe verſchwanden, und er ſahe ganz deutlich, wie ſie aus ihren Centralflecken, welche ihre Farben einige mahl abwechſelnd veränderten, entſtanden.

Das Ereigniß bey dem Anlaufen des Spiegels überzeugte den Dûc de Chaulnes, es müßten die farbigen Ringe durch die Vorderfläche erzeugt werden, und die Hinterfläche, welche die durchgegangenen Strahlen zurückwirft, diene blos dazu, die Strahlen zu ſammlen, und ſie in hinlänglicher Menge auf die Pappe zu werfen, um die Ringe ſichtbar genug zu machen. In dieſer Meynung wurde er durch folgende Verſuche beſtärkt.

Er nahm ein Planconverglas von ſechs Fuß Brennweite, ſtellte es ſechs Fuß von der Pappe mit ſeiner erhabenen Seite nach derſelben hingekehrt. Solchergeſtalt wurden die Strahlen durch die Vorderfläche parallel mit einander gemacht, daß ſie ſenkrecht auf die Hinterfläche fielen, welche ſie wieder ſo zurückwarf, daß ſie ſich auf der Pappe vereinigten. Unter dieſen Umſtänden erſchienen die Ringe ſehr deutlich, wenn er vorher die erhabene dem Lichte zugekehrte Seite anlaufen ließ.

Da er aber das Glas umkehrte, daß die ebene Fläche deſſelben der Pappe zugewandt war, konnte er in der Entfernung von ſechs Fuß keine Ringe erblicken,

wohl

wohl aber in der Entfernung von drey Fuß, weil die Hinterfläche von ihrer hohlen Seite auf dieſe Weiſe die Strahlen nach der Pappe hin vereinigte.

Dieſe beyden Verſuche ſchienen ihm hinreichend zu ſeyn, zu beweiſen, wozu die zweyte Fläche des Spiegels diene. Die folgenden zeigen, in wie fern es auf die Vorderfläche bey dieſen Ringen ankommt.

Newton hatte, ſagt er, bemerkt, daß, wie er einen Spiegel von gleicher Brennweite mit dem erſten, aber zweymahl ſo dick, brauchte, die Ringe im Durchmeſſer viel kleiner wurden, als vorher. Hieraus glaubte der Duc eine Beſtätigung ſeiner Meynung zu finden, weil, wenn die Ringe von der Vorderfläche herrühren, ſie deſto breiter werden müſſen, je näher dieſe Fläche der hintern kommt, welche nichts thut, als die von der Vorderfläche zurückgelaſſenen zurückzuwerfen.

Um ſich hievon zu verſichern, erdachte er eine Einrichtung, die Entfernung zweyer beweglicher Flächen, verbunden mit einem Mikrometer, aufs genaueſte zu meſſen. Er nahm nämlich einen metallenen Spiegel aus einem Spiegelteleſkop, welcher aus einer Kugel von 10 Fuß im Halbmeſſer geſchliffen war, befeſtigte ihn auf einem Fußgeſtelle, das einen Schieber hatte, welcher einen leichten Rahmen trug, worin ein dünnes mit Milch und Waſſer trübe gemachtes Scheibchen Talg befeſtigt war. Der Rahmen mit dem Scheibchen Talg konnte entweder hart an den Spiegel gebracht, oder auf acht bis neun Zoll davon entfernt werden, und das Mikrometer zeigte die kleinſte Bewegung deſſelben aufs genaueſte an.

Als er den Spiegel zehn Fuß von der Pappe, alſo in der Weite des Halbmeſſers ſeiner Kugelfläche, geſtellt hatte, zeigten ſich ihm die Ringe ſehr deutlich, weil ſein Spiegel ſehr genau geſchliffen war; allein die Durchmeſſer der Ringe veränderten ſich mit der Entfernung des Tafelſcheibchens vom Spiegel, und waren ſehr groß, wenn es dem Spiegel ſehr nahe war, hingegen ſehr klein, wenn es bis auf 7 oder 8 Zoll abgerückt ward.

Hieraus ſchien ihm nun zwar zu erhellen, daß die Ringe von der Vorderfläche hervorgebracht, und von der Hinterfläche zurückgeworfen wurden; allein es blieb noch die Art, wie es geſchehe, zu erklären übrig. Er kam auf den Gedanken, daß die kleinen Strahlencylinder bey dem Durchgange durch die Zwiſchenräumchen des durchſichtigen Mittels eine Art von Beugung erleiden möchten, wodurch die cylindriſche Figur des Strahls in eine koniſche verwandelt würde. Darum dachte er darauf, wie er einen Körper mit Zwiſchenräumchen von einer beſtimmten und bekannten Geſtalt ſtatt des Talges erhalten könnte, und ſpannte ein Stück feinen Mouſſelins ſo glatt als möglich in obengedachten Rahmen. Er fand auch zu ſeinem großen Vergnügen ſeine Muthmaßung beſtätigt; denn die kreisrunden Ringe hatten ſich nun in Quadrate verwandelt, deren Winkel nur ein wenig abgerundet waren. Sie waren ſo wie jene gefärbt, nur daß wegen des von dem Mouſſelin aufgefangenen Lichts ihr Glanz ſich vermindert hatte.

Wie er ſtatt des Mouſſelins Silberfaden, dreyviertel oder eine ganze Linie weit von einander genau parallel in den Rahmen zog, ohne Queerfäden darüber zu legen, ſo war anſtatt der Ringe, die ſich vorher

her gezeigt hatten, nichts als ein Schein eines weiß-lichten Lichts zu ſehen, durch welches allerhand lebhafte gefärbte Streifen lieſen, die in derſelben Ordnung, wie die Ringe, auf einander folgten.

Endlich, um den Verſuch noch einfacher, und den Newtonianiſchen Verſuchen von der Beugung des Lichts gleichförmiger zu machen, ſtellte er ſtatt des obigen Rahmens bloß eine Meſſerſchneide vor dem Spiegel, worauf dieſelben Erſcheinungen wie bey den Silberfäden ſich zeigten, außer daß das Licht weit ſchwächer, aber doch noch hinlänglich ſtark war, um die Uebereinſtimmung beyder Wirkungen daraus folgern zu können.

Was die größte Schwierigkeit bey den Verſuchen des Duc de Chaulnes macht, iſt, zu erklären, wie das Anlaufen der Vorderfläche die Farben ſo viel lebhafter, und die Anzahl der Ringe größer machen konnte. Er ſtellte ſich vor, erſtlich, daß dadurch ein Theil des Lichts, welches von der Vorderfläche ſonſt zurückgeworfen wäre, und den Glanz der Ringe geſchwächt haben würde, zerſtreuet ſey; zweytens, daß durch die Waſſertheilchen, durch die Milchtheile, oder auf eine andere ähnliche Art eine größere Anzahl regelmäßiger Zwiſchenräumchen entſtanden ſeyn möge.

Außer den Farben, welche vermittelſt des Sonnenlichts durch die bisher beſchriebenen Vorrichtungen entſtehen, ſind nicht weniger diejenigen einer Aufmerkſamkeit werth, welche durch das Licht anderer brennender Körper hervorgebracht werden, und mit welchen von jeher wenig Verſuche angeſtellt worden ſind. Herr Melville [y]) hat folgende hieher gehörige Beobachtungen gemacht.

Kör-

y) Edinburgh eſſays. Vol. II. p. 32.

Körper von einer der Hauptfarben, namentlich roth, gelb, grün und blau, verändern ſich bey dem Lichte brennender Geiſter ſehr wenig; ſchüttet man aber, während ſie brennen, Salze allmählig hinzu, ſo erfolgen allerhand Veränderungen. Vermiſcht man Salmiak, Potaſche oder Alaun damit, ſo erſcheint die Farbe der rothen Körper etwas verblaßt und ſchmutzig. Grün und blau ſieht faſt ſo aus, wie bey Kerzenlicht, beydes nämlich blaß, und faſt gar nicht von einander verſchieden. Weiß und gelb verändern ſich faſt gar nicht.

Wenn Salpeter oder Seeſalz zu den brennenden Geiſtern in Menge gethan, und alles mit einander tüchtig umgerührt wird, ſo wird das helleſte Roth bey dieſem eine ſchmutzige Lohfarbe annehmen, ohne daß die geringſte Beymiſchung von Roth darin zu erkennen wäre. Grün verwandelt ſich in eine andere Art von Braun, das ſich von jenem nur darin unterſcheidet, daß es in eine lebhafte Olivenfarbe fällt. Wird Salpeter, aber in mäßiger Menge, zu den brennenden Geiſtern gethan, ſo bleibt noch immer etwas von einer grünlichen Farbe übrig. Dunkelblau unterſcheidet ſich vom Schwarz faſt gar nicht, als darin, daß es ſchwärzer ausſieht. Hellblau verwandelt ſich in ein lichtbraun von einer beſondern Gattung. Weiß nimmt einen bleichgelben Schein an, gelb allein bleibt unverändert, und wird ſehr glänzend.

Dieſe Verſuche ſtellte er mit mancherley Arten ſtark gefärbter Materien, als Seidenzeuge, Tücher, und Malerfarben, an. Polirtes Kupfer, welches von der Luft eine hohe Feuerfarbe bekommen hatte, ſchien bey eben dieſem Lichte wie Meſſing. Die Zuſchauer ſahen im Geſichte wie Leichname aus, und andere

gemiſchte

gemiſchte Farben, in welchen Roth oder Grün enthalten war, litten eben ſolche Veränderungen.

Er ſtellte einen Pappbogen mit einem runden Loche zwiſchen ſein Auge und die angezündeten Geiſter, um einen kleinen und begrenzten Gegenſtand zu haben, und unterſuchte mittelſt eines Prisma, deſſen brechenden Winkel er aufwärts hielt, die Beſchaffenheiten dieſer verſchiedenen Gattungen Lichts, wo er denn fand, daß im erſtern Falle, nämlich wenn Salmiak, Potaſche oder Alaun hinzugethan ward, Strahlen jeder Gattung von der Flamme kamen, aber nicht in gleicher Menge, weil die gelben in größerer Anzahl, als die übrigen zuſammen waren, und das Rothe weit ſchwächer als das Grüne und Blaue war. Ward Salpeter oder Seeſalz hinzugethan, ſo war Blau ein wenig zu ſehen, aber ſehr ſchwach und blaß. Letzteres machte das Grün eben ſo blaß, erſteres gab ein ſtarkes Grün. Nahm er beyde Salze mit einander, ſo ſah er kaum eine Spur von Roth, beſonders wenn ſie in Menge zugeſchüttet und die Geiſter immer umgerührt wurden. So oft man einhielt kamen die rothen Strahlen unterhalb des Lochs offenbar wieder zum Vorſchein, und rothe Körper, die man mittelſt dieſes Lichts ſahe, nahmen ihre gewöhnliche Farbe einiger Maaßen wieder an; wobey es artig war, zu ſehen, wie das Rothe wieder verſchwand, ſobald das Zuſchütten des Salzes und das Umrühren wieder anfing.

Das Gelbe zeigte ſich bey dieſen Verſuchen noch in weit reichlicherer Maaße im Verhältniſſe gegen die andern Farben, als bey jenen, ſogar daß das Loch, wenn man es durch das Prisma anſah, bloß dieſe gelbe Farbe hatte, und ſo deutlich begrenzt war, als

wenn man es durch ein ebenes Glas betrachtet hätte; außer daß an der obern Seite ein ſehr blaſſer Streifen von Grün und Blau zu ſehen war. Weiße Körper, die von dieſem Lichte erleuchtet wurden, ſchienen durch das Prisma völlig deutlich begrenzt; Ereigniſſe, wie er ſagt, welche denjenigen befremdend vorkommen müſſen, die das Prisma bloß im ungleichartigen Lichte zu gebrauchen gewohnt ſind, wo es allemahl den Rand der Gegenſtände undeutlich begrenzt erſcheinen läßt.

Auch beobachtete er bey dieſem Lichte Seifenblaſen, konnte aber daran keine helle von dunkeln abgeſonderte Streifen wahrnehmen, weil das Grüne und Blaue zu ſchwach war, um ſein Auge zu rühren.

Endlich beſchließt Melville ſeinen Aufſatz mit folgenden Fragen: Sind nicht die Strahlen, welche leuchtende Körper geben, von welcher Gattung ſie auch ſeyn mögen, mit den Sonnenſtrahlen gleiches Weſens, ſowohl was die Farbe, als den Grad der Brechbarkeit anlangt? und ſind nicht leuchtende Körper bloß darinn von einander unterſchieden, daß die Einen Strahlen von dieſer Farbe, andere von jener Farbe am häufigſten ausſenden, ſo wie undurchſichtige Körper ſich durch die Farbe des auffallenden Lichts, welches ſie am häufigſten zurückſenden, von einander unterſcheiden? Müßte man aber nicht, um unſere Induktion völlig beweiſend zu machen, Verſuche mit dem Lichte mancherley Körper anſtellen? und würde es nicht ſehr zur Aufklärung dieſer Frage dienen, wenn man nach Newton's Methode einen Sonnenſtrahl bloß aus Strahlen von ſolchen Farben und in den Verhältniſſen zuſammenſetzte, wie man ſie in dem Lichte brennender Geiſter und Salze wahrnimmt? Ferner, ſind nicht auch die Zwiſchenräume der Anwandlungen der

Strah-

Strahlen von einer gewiſſen Farbe in demſelben Mittel einerley, ſie mögen, von welchem Körper es ſey, herkommen? Denn wenn die Zwiſchenräume verſchieden wären, würden ſich dann nicht an den Farben der Körper Veränderungen bemerken laſſen, welche man aus der Zuſammenſetzung der Lichter, wodurch ſie erleuchtet werden, nicht erklären könnte?

Noch führt Muſſchenbroek folgende von ihm geſammlete Bemerkungen an: das Licht vom Kampher, wie auch vom brennenden Zink iſt weiß; Zink mit Arſenik vermiſcht giebt eine grünliche Farbe; Zink mit Operment eine ſchwarze Flamme, und Meſſing im Feuer eine grüne.

Noch weit mehrere ſehr auffallende Farbenveränderungen laſſen ſich durch Vermiſchungen verſchiedener Liquoren hervorbringen. Eine Sammlung hievon hat Muſſchenbroek [z]) vorzüglich aus Boerhaave's Chemie und aus eigener Beobachtung gemacht, deren Reſultate folgende ſind.

I. Farben, welche in Flüſſigkeiten entſtehen, welche für ſich keine Farben haben.

1. Weingeiſt mit rothen Roſen, wozu man, wenn er noch weiß iſt, einen ſauren Salzgeiſt gießt, ſo wenig, daß man es kaum ſehen kann, giebt ein helles Roth. Viele rothe Blumen geben dem Weingeiſte in kurzer Zeit keine Farbe, die doch mit Säuren ihn ſogleich roth färben.

2. Eine Auflöſung von Queckſilber und Weinſteinſalz giebt Orange.

3. Eine

z) Introd. ad philoſ. natur. Tom. II. §. 1845.

3. Eine Auflöſung von Sublimat und Kalkwaſſer giebt Gelb.

4. Eine Tinktur von rothen Roſen mit zerfloſſenem Weinſteinſalze oder mit Salmiakgeiſte giebt Grün, ſo wie auch die Tinkturen vieler andern rothen Blumen von einem Alkali grün werden.

5. Die Tinktur von rothen Roſen und Harngeiſte giebt Himmelblau.

6. Eine Auflöſung von Kupfer und Salmiakgeiſt giebt Purpur.

7. Eine Auflöſung von Sublimat und Salmiakgeiſt giebt Weiß.

8. Eine Auflöſung von Bleyzucker und eine Auflöſung von Vitriol, oder eine Tinktur von rothen Roſen oder andern Blumen, und eine Auflöſung von Eiſenvitriol in Waſſer; oder eine Auflöſung von Galläpfeln und Eiſenvitriol giebt Schwarz.

II. Farben, die aus gefärbten Flüſſigkeiten entſtehen.

1.	Roth, Tinktur von rothen Roſen Gelb, Tinktur von Safran	Grün.
2.	Blau, Tinktur von Veilchen Braun, Geiſt von Schwefel	Carmoiſin.
3.	Roth, Tinktur von rothen Roſen Braun, Geiſt von Hirſchhorn	Himmelblau.
4.	Blau, Tinktur von Veilchen Grün, Solution von Kupfer	Violett.

5.	Blau, Tinktur von Veilchen Blau, Solut. von hungar. Vitriol	Purpur.
6.	Blau, Tinktur von Kornblumen Weiß, Salmiakgeiſt	Grün.
7.	Blau, Solut. von hungar. Vitriol Braun, Lauge	Gelb.
8.	Blau, Solut. von hungar. Vitriol Roth, Tinktur von Roſen	Schwarz.
9.	Blau, Tinktur von Kornblumen Grün, Solution von Kupfer	Roth.
10.	Violett, Tinktur von Dipſacus, Iris, oder andern Blumen, die im Waſſer eine blaue Farbe geben durchſichtig, Alaun im Waſſer aufgelößt.	Himmelblau.

III. Veränderte und wiederhergeſtellte Farben.

1. Die grüne Solution von Kupfer wird farbenlos, wenn man Salpetergeiſt zugießt, und vom Weinſteinſalze wieder grün.

2. Die Tinktur von rothen Roſen wird von Vitriolgeiſt ſchön roth; gießt man darauf Salmiakgeiſt hinzu, ſo wird ſie grün, und durch Vitriolöl wieder roth.

3. Die Tinktur von rothen Roſen wird von der Vitriolſolution ſchwarz; vom Weinſteinſalze wieder roth.

4. Die Solution von Grünſpan iſt grün, wird farbenlos durch Vitriolgeiſt, purpurfarbig durch Salmiakgeiſt, wieder durchſichtig durch Vitriolöl.

Alle dieſe Farben ſind deſto dichter und lebhafter, je mehr oder je beſſer das zugeſetzte Salz iſt, wodurch man allerhand Arten rother, grüner und blauer Farben erhält; wiewohl die Schattirung auch darauf ankommt, wie ſtark oder ſchwach die Solution iſt. Muſſchenbroek ſagt, ſo viel er herausgebracht habe, möge es allgemein ſeyn, daß gelbe Vegetabilien in Weingeiſt aufgelößt gelbe Tinkturen geben, die von ſauren, alkaliſchen oder andern hinzugeſetzten Salzen wenig oder gar nicht verändert werden; nur müſſe man einige Körper ausnehmen, da aus der gelben Farbe, Orlean, durch Hinzuſetzung des Vitriolöls eine vortreffliche blaue Farbe entſteht, die durch Waſſer oder ein jedes Salz wieder vernichtet wird.

Verſuche mit ſäuerlichem oder vitrioliſchem Waſſer und adſtringirenden Körpern lehren folgendes: ein wenig von dem adſtringirenden in Verbindung mit dem Eiſen gab Schwarz; etwas mehr von dem erſtern gab Blau; noch etwas mehr Violett, und noch mehr Purpur.

Es giebt Farben, die an der Luft beſtändig bleiben, und vergehen, wenn die äußere Luft abgehalten wird. So geht es mit der rothen Tinktur, die von dem lichen Canarienſis mit Waſſer oder verdünntem Weingeiſte, und mit Kalk und Harnſalze bereitet wird. Gießt man die Tinktur in eine gläſerne Röhre, die darauf zugeſchmolzen wird, ſo wird ſie in wenig Tagen alle Farbe verlieren, und bekommt ſie wieder, wenn nach geöffneter Röhre die Luft wieder freyen Zugang er-

erhält. Der Abt Nollet hat mit dieſer Tinktur allerhand Verſuche angeſtellt.

Hieher gehören auch die ſo genannten ſympathetiſchen Dinten, deren Schrift nur durch gewiſſe Veranſtaltungen ſichtbar wird. Hellot [a]) hat hiezu folgende Recepte gegeben:

Man löſe Silberglätte in deſtillirtem Weineſſig auf, ſchreibe die Buchſtaben damit, und trockene ſie im Schatten, ſo wird man nichts von ihnen ſehen. Taucht man aber einen Pinſel in Kalkwaſſer, worin Operment aufgelöſet iſt, und überfährt ſie damit, ſo werden ſie erſt gelb, und dann ſchwarz. Mit Scheidewaſſer überſtrichen verſchwinden ſie wieder. Man mache eine Goldſolution im Königswaſſer, ingleichen eine Zinnſolution in eben dergleichen, und verdünne beyde mit fünfmahl ſo viel Waſſer. Buchſtaben mit der erſten Solution geſchrieben und im Schatten getrocknet bleiben unſichtbar; überfährt man ſie aber mittelſt eines Pinſels mit der andern Solution, ſo werden ſie purpurfarbig. Wird ferner eine Solution von Zinkerz, taubenhälſigem Wißmutherz, oder Kobalterz im Scheidewaſſer, mit Waſſer verdünnt, mit Kochſalz vermiſcht und abgeklärt, ſo ſind die damit geſchriebenen Buchſtaben unſichtbar, ſo lange ſie kalt ſind; ſie werden aber bläulich grün, wenn man ſie ein wenig über Kohlen erwärmt, und verſchwinden wieder beym Erkalten.

Eine

a) L'art de la teinture des laines, et des étoffes des laines, en grand et en petit teint, avec une inſtruction ſur les Debouillis. à Paris. 1750. 12. aus dem Franzöſ. überſetzt von Käſtner. Altenb. 1765. 8.

Eine andere hieher gehörige Entdeckung, wozu Ausländer die erſte Idee angegeben haben, die aber von den Deutſchen allein faſt zur Vollkommenheit gebracht iſt, beſteht darin, wie man den ſo vielfach verſchiedenen Farben Benennungen geben, und das Verhältniß ihrer Miſchung aus drey Hauptfarben, Roth, Gelb und Blau, beſtimmen möge. Leonardo da Vinci war der erſte, welcher die Idee einer wiſſenſchaftlichen Miſchung der Farben aus gewiſſen einfachen hatte, und der dabey ſchon Blicke in die Lehre von den Combinationen that, ehe ſie vollſtändig erfunden ward. Der P. Caſtel [b]) erkannte nur drey Grundfarben, nämlich Feuerroth, Schüttgelb und Himmelblau, und eignete ſich die Erfindung dieſes Gedankens zu. Aber ſchon le Blond hat in einer Schrift über das Abdrucken der Kupferplatten mit Farben [c]) alle Farbenmiſchungen aus drey Farben abgeleitet. Zahn [d]) iſt der erſte, der die Idee von einem Dreyeck mit der Zuſammenſetzung der Farben verbunden hat. Er nimmt aber fünf Hauptfarben, nämlich noch Weiß und Schwarz, an, ſetzt ſie auf die fünf Theilungspunkte der einen Seite, und bringt die Miſchungen in die übrigen Durchſchnittspunkte, ſo daß Aſchgrau an die Spitze des Dreyecks kommt. Tobias Mayer hat in ſeinem mathematiſchen Atlas, welchen er in ſeinen jüngern Jahren herausgab, ebenfalls ein Farbendreyeck aus Weiß, Gelb, Blau, Roth und Schwarz, welche Farben er A, E, I, O, V nennt, und zu gleichen Theilen ſo miſcht, daß daraus die Farben

b) L'optique des couleurs. à Paris 1740. 8.

c) Harmony of colouring. Lond. 1737. und L'art d'imprimer les tableaux. à Paris 1756. 8.

d) Oculus artificialis teledioptricus. Herbip. 1685. Fol. in der 2ten Ausg. v. 1702. p. 111.

den AE, EI u. ſ. w. entſtehen. In der Folge aber hat Mayer das Farbenſyſtem weit reifer überdacht, und zuerſt zu einem gewiſſen Grade der Vollkommenheit erhoben. Er legte ſeinen Aufſatz darüber im Jahre 1750 der königlichen Geſellſchaft der Wiſſenſchaften zu Göttingen vor; doch ward damals nur eine kurze Nachricht davon durch die Göttingiſchen gelehrten Anzeigen bekannt. Indeſſen zog dieß viel Aufmerkſamkeit nach ſich, und veranlaßte viele Schriften von Schäffer [e]), Ignaz Schiffermüller [f]) und beſonders von Lambert [g]). Endlich erſchien im Jahre 1775 Mayer's [h]) lateiniſcher Aufſatz ſelbſt. Er bringt aus Roth, Gelb und Blau 91 Farben, jene mitgerechnet, heraus, indem er jeder der Hauptfarben 12 Theile giebt, und von je zweyen oder allen dreyen eine Miſchung aus 12 ſolchen Theilen macht. Dieſe vertheilt er über einem in 91 Fächer eingetheilten Dreyecke. Er ſagt aber nicht, wie er die Theile verſtehe. Hiezu kommen noch zweymahl 364 Farben, nach dem Abſtande der Farben von Weiß oder Schwarz.

Erxleben bemerkt in ſeiner phyſikaliſchen Bibliothek [i]), wo er von dem oben angeführten Mayer'ſchen Werke

e) Entwurf einer allgemeinen Farbenverein, oder Verſuch und Muſter einer gemeinnützigen Beſtimmung und Benennung der Farben. Regensb. 1769. 4.

f) Verſuch eines Farbenſyſtems. Wien 1772. 4.

g) Beſchreibung einer mit dem Calauſchen Wachſe ausgemalten Farbenpyramide, wo die Miſchung jeder Farben angeordnet, dargelegt und derſelben Berechnung und vielfacher Gebrauch gewieſen wird, mit einer ausgemalt. Kupfert. Berlin 1772. 4.

h) De affinitate colorum, in *Tob. Mayeri* opp. inedit. Vol. I. Gotting. 1775. 4.

i) Band I. St. 4. S. 403. f.

Werke redet, daß man die Pigmente nicht nach dem Gewichte, ſondern nach dem Volumen mit einander vermiſchen müſſe. Zu den Grundfarben nahm er Carmin, Berlinerblau und Königsgelb, verglich ihre ſpecifiſchen Gewichte, die er folgeweiſe ein wenig kleiner als Eins, Eins und Zwey fand, und urtheilte aus ein Paar Proben, daß die Intenſität dieſer Pigmente gleich wäre, da ſie nach ihrem Volumen mit einander gemiſcht, ein Rothgelb, ein Grün, und Ein Violet gaben, welches ſich weder auf die eine, noch auf die andere Seite neigte. Nun nahm er bey der Miſchung zu einem Theile Gelb immer doppelt ſo viel Königsgelb am Gewichte, als von dem Berlinerblau am Gewichte zu einem Theile Blau, und zum Roth ein klein wenig Carmin weniger, als vom Berlinerblau zu eben ſo viel Blau hätte genommen werden müſſen.

Lichtenberg, welcher die oben angeführte Mayer'ſche Abhandlung herausgab, hat derſelben ſehr ſchätzbare Anmerkungen beygefügt. Er führt an, daß Mayer, wie aus einem von ihm ſelbſt ausgemalten Farbendreyecke erhelle, zu den Hauptfarben Bergzinnober, Königsgelb und helles Bergblau gewählt habe. Auch theilt Lichtenberg ſeine eigene Methode mit, ſolche Farbendreyecke zu verfertigen. Dieſer brauchte theils die Mayer'ſchen Grundfarben, nachdem er ihre Stärke in den Miſchungen durch's Abwägen erforſcht hatte, trocken; theils machte er Bergzinnober, Gummigutte und Berlinerblau dünne mit Waſſer an, und überfuhr damit die Felder ſeines Dreyecks ſo oft, als es die Menge der Theile der Farbe in jedem Fache erforderte. Auf dieſe Art hat er dem Werke ein Muſter eines ausgemalten Dreyecks von 28 Feldern beygefügt.

Lambert endlich hat in der oben angeführten Schrift über die Stärke ſeiner Grundfarben ſehr genaue Unterſuchungen angeſtellt. Er fand durch Verſuche, daß $\frac{1}{2}$ Gran hochrother Carmin in der Miſchung ſo weit reiche, als 10 halbe Gran Gummigutte, d. i. daß beyde eine Farbe gaben, die vom Rothen und Gelben gleich weit abſtand; desgleichen, daß, um ein weder in's Gelbe noch in's Blaue ziehendes Grün hervorzubringen, 2 Gran helleres Berlinerblau und 7 Gran ſchwache Gummigutte erfordert wurden; endlich daß 1 Gran Carmin und 3 ſtarke Gran Berlinerblau dem eigentlichen Mittel zwiſchen Roth und Blau Genüge thaten. Hieraus leitet er folgende Grade der Schwäche dieſer Farbe her:

des hochrothen Carmins	-	1
des hellern Berlinerblau	-	3
der Gummigutte	- -	10

Das heißt, wenn man die Miſchung einer hieraus zuſammengeſetzten Farbe nach Theilen des Roth, Blau und Gelb angeben will, ſo muß man 10 Gewichttheile der Gummigutte, 3 Gewichttheile des Berlinerblau, und 1 Gewichttheil des Carmins als einen Theil oder eine Portion der Farben anſehen. Die Stärke, d. i. die Dichtigkeit der Farbentheilchen an der Oberfläche, verhält ſich umgekehrt wie dieſe Zahlen. Hierauf verfuhr Lambert eben ſo mit dunkelerm Carmin, dunkelerm Berlinerblau und Gummigutte, und fand nun die Grade der Schwäche

des dunklern Carmins	-	2
des dunklern Berlinerblau	-	3
der Gummigutte	- -	12

Die verſchiedenen Farben vertheilt Lambert in eine Pyramide, oder dreyeckiges Käſtchen mit Fächern.

chern. In dem unterſten Fache ſind 45 Quadrate, jede mit einer beſondern Farbe, nämlich auf den Ecken roth, gelb, blau, und die dazwiſchen fallenden Farben nach ihren Schattirungen neben einander. Jede Farbe hat acht Theile oder Portionen aus den drey Hauptfarben. In dem nächſten darüber liegenden Dreyecke ſind 28 Quadrate, deren Farben wieder die drey Hauptfarben, aber heller, mit 25 Mittelfarben, ſind. Dieſe haben nur 6 Theile von den Hauptfarben des untern Fachs und dagegen jede 2 Theile weiß beygemiſcht. In dem dritten ſind 15 Farben, die drey noch heller gemachte Hauptfarben und 12 Mittelfarben, jede zu 4 Theilen der Hauptfarben des unterſten Fachs mit 4 Theilen Weiß; und ſo geht es ferner fort, nur mit langſamern Schritten der Zunahme der Bläſſe, bis zum oberſten Fache, welches ein einziges weißes Quadrat enthält. Calau, königl. Hofmaler, hat um dieſe Unterſuchung große Verdienſte, theils durch den Beyſtand, welchen er Lambert'en dabey geleiſtet, theils durch die wirkliche Ausführung der Vertheilung der Farben, wozu er auf eine höchſt vortheilhafte Art die von ihm erfundene eleodoriſche Malerey, oder die Kunſt, mit einer gewiſſen Art von Wachs, nach Art der Alten, zu malen, gebraucht hat.

Beobachtungen und Entdeckungen, welche die Zurückwerfung des Lichts angehen.

Nach Newton haben vorzüglich die beyden großen Männer, Bouguer und Lambert, die Lehre vom Lichte zu einem hohen Grade der Vollkommenheit gebracht. Die Hauptbeſchäftigung ihrer Unterſuchungen ging beſonders dahin, die Stärke des Lichts,

ſowohl

ſowohl des von den Körpern ausgehenden, als zurückgeworfenen oder gebrochenen zu meſſen. Bouguer's Betrachtungen ſind zwar ſehr ſchäzbar, allein ſie umfaſſen doch das Ganze nicht, ſondern liefern nur Bruchſtücke aus dieſem äußerſt wichtigen Gegenſtande, und ſelbſt dieſe nicht ausführlich. Dagegen wurde dieſer ſchwere Theil der Optik, die Ausmeſſung des Lichts, durch Lambert'en mit einemmahle der Vollkommenheit ſo nahe gebracht, wie eine andere Wiſſenſchaft wohl nie von einem einzigen Manne.

Bouguer wurde zu ſeinen Unterſuchungen durch einen Aufſaz von Mairan in den Pariſer Memoiren von 1721 veranlaßt, worin das Verhältniß des Sonnenlichts zur Zeit des einen und andern Stillſtandes als bekannt angenommen wurde. Seine Bemühung, das bisher als ausgemacht Angenommene zu prüfen, leitete ihn auf mancherley Verſuche, und öffnete ihm ein neues Feld optiſcher Kenntniſſe. Seine erſte Arbeit, die er der gelehrten Welt im Jahre 1729 übergab [k]), ward mit allgemeinem Beyfall aufgenommen. Nach der Zeit aber unterſuchte er dieſen Gegenſtand viel genauer, und ſeine Bemühungen beſtimmten ihn, ein weit größeres Werk darüber abzufaſſen; allein wegen mancherley Abhaltungen konnte er ſeine Arbeit nicht ſo früh zu Stande bringen, als er es ſich vorgenommen hatte, ſo daß er damit kurz vor ſeinem 1758 erfolgten Tode fertig geworden war. Die Herausgabe ſeines Werks beſorgte ſein Freund, de la Caille [l]).

Inzwiſchen hatte der Graf Büffon [m]) einige Erfahrungen über den Verluſt, welchen das Licht durch die

k) Eſſai d'optique. à Paris 1729. 12.
l) Traité d'optique. à Paris 1760. 4.
m) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1747.

die Zurückwerfung unter mancherley Umſtänden erleidet, ſo wie auch über den Verluſt, welchen das Licht beym Durchgange durch eine lange Strecke Luft leidet, gemacht, welche daher auch zuerſt kürzlich erzählt werden ſollen.

Dieſer ließ das Sonnenlicht in ein finſteres Zimmer fallen, und verglich es mit eben dieſem Lichte, das von einem Spiegel reflektirt ward, woraus er ſchloß, daß in kleinen Entfernungen, als von 4 bis 5 Fuß, ohngefähr die Hälfte durch die Zurückwerfung verloren ginge. Denn als er zwey reflektirte Strahlen auf denſelben Fleck leitete, und das Licht mit dem gerade auffallenden verglich, ſchien ihm beydes einerley Stärke zu beſitzen.

Als er das Licht in größern Entfernungen, z. B. 100, 200, 300 Fuß auffing, verlor es, ſo viel er bemerken konnte, von ſeiner Intenſität nichts dadurch, daß es durch eine ſolche Strecke Luft gehen mußte.

Nachher ſtellte er denſelben Verſuch mit dem Kerzenlichte an. Er ſetzte ſich nämlich, in einem vollkommen finſtern Zimmer, einem Spiegel gegenüber mit einem Buche in der Hand. In einem daran ſtoßenden Zimmer ließ er, etwa 40 Fuß entfernt, eine einzige Kerze anzünden, und ſie allmählig näher bringen, bis daß er die Buchſtaben in dem Buche unterſcheiden konnte, welches in einer Entfernung von 24 Fuß der Kerze von dem Buche geſchah. Darauf kehrte er das Buch gegen den Spiegel, um vermittelſt eben dieſes zurückgeworfenen Lichts zu leſen, wobey er alles Licht ausſchloß, was nicht von dem Spiegel auf das Buch fiel, und fand, daß er, um die Buchſtaben erkennen zu können, das Licht dem Buche bis auf

15 Fuß näher laſſen mußte; die Entfernung des Buchs vom Spiegel war nur einen halben Fuß. Er wiederholte dieſen Verſuch einige mahl, und fand faſt immer den nämlichen Erfolg, woraus er alſo ſchloß, daß die Menge des gerade auffallenden Lichts ſich zu der Menge des zurückgeworfenen wie 576 zu 225 verhalte, oder daß fünf Kerzen, deren Licht von einem Glasſpiegel zurückgeworfen wird, ohngefähr ſo viel Wirkung thun, als das gerade auffallende von zwey Kerzen.

Aus dieſen Verſuchen erhellet, daß das Kerzenlicht durch die Zurückwerfung mehr Verluſt erleidet, als das Sonnenlicht, welches Buffon dem Umſtande zuſchreibt, daß jenes mehr aus einander fährt, und daher ſchiefer auf den Spiegel fällt, als das Licht der Sonne, deren Strahlen faſt parallel ſind.

Weit vollſtändiger und genauer, als dieſe von Buffon gemachten Erfahrungen, ſind die Verſuche von Bouguer. Gleich beym Eingange ſeines größern Werkes beſchreibt er die mancherley Vorrichtungen, die er gemacht hat, um ſeine Verſuche mit der größten Genauigkeit und Vorſicht anzuſtellen, und wodurch er ſich vermuthlich gegen ähnliche Vorwürfe verwahren wollte, welchen die wenigen vor ihm gemachten Verſuche dieſer Art ausgeſetzt geweſen waren. Um die verſchiedene Stärke des Lichts zu meſſen, mußte er die Körper, von welchen es ausging, oder welche davon erleuchtet wurden, ſo zu ſtellen, daß er ſie zu gleicher Zeit deutlich betrachten konnte, und veränderte entweder die Entfernungen dieſer Körper, oder modificirte ihr Licht auf andere Art ſo lange, bis er keinen Unterſchied mehr daran wahrnehmen konnte. Aus ihren Entfernungen, oder andern Umſtänden,

wel-

welche auf die Erleuchtung einen Einfluß hatten, berechnete er alsdann das Verhältniß der Erleuchtung in denſelben Entfernungen oder unter denſelben Umſtänden.

Wenn er die Größe des verlornen Lichts bey der Zurückwerfung beſtimmen wollte, ſetzte er den Spiegel (fig. 55.) b, womit er Verſuche anſtellen wollte, völlig ſenkrecht, ſtellte zwey Täfelchen, welche genau von einerley Farbe waren, in einer vollkommen parallelen Lage mit einander, in c und d, und ließ das Licht einer Lampe oder Kerze, die auf der geraden Linie ed zwiſchen ihnen geſtellt war, auf beyde fallen. Darauf ſtellte er ſich in a ſo, daß er das Täfelchen e und das Bild des Täfelchen d, welches der Spiegel b zurückwarf, zu gleicher Zeit hart neben einander erblickte. Hierauf ließ er die Lampe längſt der Linie ed ſo lange verrücken, bis beyde Flächen ihm völlig gleich erleuchtet ſchienen. Nun hatte er nichts weiter zu thun, als die Entfernungen ep und dp zu meſſen, deren Quadrate nämlich das Verhältniß der Verminderung des Lichts durch die Zurückwerfung angeben. Denn wenn der Spiegel alles auffallende Licht wieder zurückſendete, ſo müßte die Lampe in c, in gleicher Entfernung von beyden Täfelchen geſetzt worden ſeyn, wenn beyde gleich ſtark erleuchtet ſcheinen ſollten. Weil aber durch die Reflexion viel Licht verlohren geht, ſo können beyde Flächen nicht gleich helle ſcheinen, wofern nicht die Lampe näher an das Täfelchen, das durch zurückgeworfenes Licht ſichtbar wird, zu ſtehen kömmt.

Wenn das Licht ſehr ſchief auf den Spiegel fallen ſollte, ſo wählte er folgendes Verfahren. Die Lampe oder die Kerze p (fig. 56) ward nahe bey dem Spiegel b entweder darüber oder ein wenig zur Seite

geſtellt,

geſtellt, und die Täfelchen d und e faſt ſenkrecht davon erleuchtet. Jenes ſahe man durch die Zurückſtrahlung im Spiegel, welche unter einem kleinen Winkel geſchah, dieſes durch das gerade daher kommende Licht hart neben dem Bilde des erſtern. Darauf ward das Täfelchen e ſo lange von dem Spiegel weggerückt, bis daß es nicht heller ſchien, als das Bild des Täfelchens d. Die Quadrate der Entfernungen pe und pd geben das Verhältniß der Stärke des auffallenden und zurückgeworfenen Lichts an.

Bey dieſen Verſuchen durfte kein Licht, als von dem Täfelchen d, auf den Spiegel fallen, ſo wie auch das Auge im Schatten ſeyn mußte.

Um den Verluſt des Lichts durch die Zurückwerfung aufs genaueſte zu beſtimmen, ließ Bouguer zwey Lichtſtrahlen in ein dunkles Zimmer fallen, nämlich durch die Oeffnungen (fig. 57.) p und q, die er ſo angebracht hatte, daß er ſie höher und niedriger, größer oder kleiner machen konnte, und ſtellte in o einen Spiegel horizontal, oder auch ein Gefäß mit einer flüſſigen Materie, wovon das durch p einfallende Licht nach r auf dem Rahmen gh hingeworfen ward. Hier verglich er es mit dem Lichte, welches durch das Loch q auf ſ fiel, und machte dieſes Loch ſo viel kleiner als p, daß die Räume bey r und ſ gleich ſtark erleuchtet waren. Aus dem Verhältniſſe der Oeffnungen p und q berechnete er die Größe des Verluſtes durch die Zurückwerfung bey o.

Um den Unterſchied der Lichtmenge, welche Glas und polirtes Metall zurückwirft, zu beſtimmen, nahm er ein recht reines Stück Glas eine Linie dick, welches er beſonders dazu mit Folium belegen ließ, und fand,

daß, wenn es unter einem Winkel von 15 Grad gegen die auffallenden Strahlen geneigt war, von 1000 auffallenden 628 zurückgeſandt wurden, da hingegen ein metallener Spiegel unter denſelben Umſtänden nur 561 zurückwarf. Bey einem kleinern Neigungswinkel ward mehr Licht reflektirt; denn bey einem Winkel von drey Grad warf der gläſerne Spiegel 700 zurück, der metallene ſchwächte das Licht auch weniger, als vorher.

Er unterſuchte auch die Zurückwerfung des Lichts von unpolirten Körpern, und fand, daß ein Stück weißer Gyps, auf welches die Strahlen einer 9 Zoll davon entfernten Kerze, unter einem Winkel von 75 Grad, fielen, den 150ſten Theil des auffallenden Lichts auf eine 3 Zoll entfernte Fläche zurückſendete. Feines weißes Papier verhielt ſich eben ſo.

Ehe er nun ſeine Unterſuchungen über die Zurückwerfung des Lichts fortſetzte, ſchickte er folgende zwey Lehrſätze voraus, die er geometriſch bewieß. Der erſte: wenn der leuchtende Körper unendlich weit entfernt iſt, und eine vollkommene polirte Kugel, die gar kein Licht verſchluckt, davon erleuchtet wird, ſo wirft dieſe Kugel das Licht nach allen Seiten herum in gleicher Stärke zurück, wofern man es in einer ſehr weiten Entfernung auffängt. Hievon wird bloß derjenige Raum ausgenommen, welchen der Schatten der Kugel fällt, den man aber gegen den unermeßlichen Umfang der ſphäriſchen Fläche, auf welcher das zurückgeworfene Licht verbreitet wird, wie nichts zu rechnen hat. Der zweyte: es wird nach einer gewiſſen Richtung immer gleich viel Licht zurückgeworfen, es mag von einer großen Menge neben einander liegender kleiner polirter Halbkugeln, oder von einer kleinern Menge grö-

größerer Halbkugeln, oder endlich von einer einzigen Halbkugel zurückgeſandt werden, wenn ſie nur jedesmal dieſelbe Grundfläche bedecken. Dieſe Lehrſätze dienen ihm, zu beurtheilen, ob der Verluſt des Lichts bey der Zurückwerfung hauptſächlich von einer Vernichtung der Strahlen herrührt; oder daher entſteht, daß die kleinen Erhöhungen oder Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper nicht wie kleine Halbkugeln betrachtet werden können.

Zuerſt bemerkt er, daß bey der Zurückſtrahlung des Lichts vom Queckſilber wenigſtens ein Viertheil verlohren geht, und daß vermuthlich kein Körper weniger Licht verſchlucke. Der Einfallswinkel betrug $11\frac{1}{2}$ Grad, worunter er den Winkel der Strahlen mit der Fläche, nicht mit dem Perpendikel, verſteht.

Die merkwürdigſten hieher gehörigen Beobachtungen ſind die, welche den großen Unterſchied der Menge des zurückgeworfenen Lichts zeigen, nachdem es unter einem kleinern oder größern Winkel auffällt. Ueberhaupt, ſagt er, iſt bey kleinen Neigungswinkeln die Zurückwerfung ſtärker, als bey größern. Sehr groß iſt der Unterſchied, wenn die Strahlen mit verſchiedenen Neigungen auf ſehr durchſichtige Körper fallen; allein auch an gewiſſen undurchſichtigen Körpern iſt er faſt eben ſo groß, und es iſt kein Körper, bey dem er ſich nicht äußerte. Am meiſten zeigte er ſich am ſchwarzen Marmor, welcher zwar keine vollkommene Politur hatte, und doch unter einem Neigungswinkel von 3 Grad 25 Minut. faſt eben ſo viel Licht, wie Queckſilber, zurückwarf. Von 1000 Strahlen, die darauf fielen, warf er 600 wieder zurück; allein bey einem Neigungswinkel von 15 Graden warf er nur 156 zurück, bey 30 Graden nur 51, und bey 80

Graden nur 23. Dergleichen Verſuche ſtellte er auch mit metallenen Spiegeln an, bey welchen ſich aber weit geringere Unterſchiede zeigten.

Der große Unterſchied der Lichtmenge, welche von der Oberfläche des Waſſers unter verſchiedenen Neigungswinkeln zurückgeſandt wird, iſt in der That unerwartet; am meiſten aber fällt er in die Augen, wenn man die kleinen Neigungswinkel mit ſolchen vergleicht, die dem rechten nahe kommen. Er glaubte ſogar zu bemerken, daß bey ſehr kleinen Neigungswinkeln Waſſer noch mehr Licht zurückwerfe, als Queckſilber. Bey den kleinſten Neigungswinkeln war das vom Waſſer zurückgeworfene Licht drey Viertheile des auffallenden.

Jeder wird, bemerkt er weiter, die ſtarke Zurückwerfung des Lichts von der Oberfläche des Waſſers wahrgenommen haben, wenn er an dem Rande eines Teiches, der Sonne gegen über, bey heiterm und ſtillem Wetter ſpatzieren gegangen iſt. Alsdann iſt das zurückgeworfene Licht mannichmal der dritte Theil, die Hälfte, oder ſelbſt noch ein größerer Theil des gerade von der Sonne herkommenden Lichts, und beydes zuſammen muß nothwendig einen ſtarken Eindruck machen. Das gerade Sonnenlicht nimmt in einem gewiſſen Verhältniſſe ab, je niedriger die Sonne ſteht, da hingegen das zurückgeworfene zunimmt, ſo daß es eine gewiſſe Höhe der Sonne, nämlich 12 bis 13 Grade, giebt, bey welcher die vereinte Wirkung des gerade auffallenden und des zurückgeworfenen Lichts ein Größtes iſt.

Im Gegentheil iſt die Zurückwerfung des Lichts vom Waſſer bey großen Neigungswinkeln ſehr ſchwach. Von dem faſt ſenkrecht auffallenden Lichte, ſagt Bouguer,

guer, werfe Waſſer gewiß etwa nur den 37ten Theil ſo viel, als Queckſilber in dem nämlichen Falle zurück, und es mache, nach allen Beobachtungen, das zurückgeworfene Licht in dieſem Falle nur den 60ſten, oder vielmehr den 55ſten Theil des auffallenden aus. Bey einer Neigung von 50 Graden wirft Waſſer etwa den 32ſten Theil ſo viel, als Queckſilber zurück; bey einer Neigung aber von 39 Grad ſchon zweymal mehr, nämlich den 16ten Theil deſſen, was Queckſilber zurückwirft.

Um die Menge des von verſchiedenen flüſſigen Körpern zurückgeworfenen Lichts mit einander zu vergleichen, nahm er das Waſſer als das bequemſte zum gemeinſchaftlichen Maaße, und verfertigte theils aus Beobachtungen, theils durch Rechnung, folgende Tafel der Lichtmengen, welche die Oberfläche des Waſſers unter beygefügten Neigungswinkeln zurückſendet.

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworf.	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworf.
$\frac{1}{2}$	721	$17\frac{1}{2}$	178
1	692	20	145
$1\frac{1}{2}$	669	25	97
2	639	30	65
$2\frac{1}{2}$	614	40	34
5	501	50	22
$7\frac{1}{2}$	409	60	19
10	333	70	18
$12\frac{1}{2}$	271	80	18
15	211	90	18

Auf dieſelbe Art verfertigte er auch eine Tafel der Lichtmengen, die Spiegelglas, aber ohne belegt zu ſeyn, zurückſendet.

Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen	Neigungswinkel Grad	Von 1000 Strahlen werden zurückgeworfen
$2\frac{1}{2}$	584	15	299	50	34
5	543	20	222	60	27
$7\frac{1}{2}$	474	25	157	70	25
10	412	30	112	80	25
$12\frac{1}{2}$	356	40	57	90	25

Gießt man etwas Waſſer auf Queckſilber, ſo müſſen von jedem Objekte zwey Bilder zu ſehen ſeyn, eins nämlich durch die Zurückſtrahlung von der Oberfläche des Waſſers, das andere durch die von der Oberfläche des Queckſilbers. Bey großen Neigungswinkeln verſchwindet das Bild von der Oberfläche des Waſſers, weil es zu wenig Licht ins Auge ſendet, und man ſieht nur das Bild von der Oberfläche des Queckſilbers. Je ſchiefer man das Auge gegen die Oberfläche des Queckſilbers hält, deſto heller wird das von dem Waſſer verurſachte Bild, und das von dem Queckſilber verurſachte deſto ſchwächer, weil das Waſſer alsdenn mehr Strahlen zurückſendet, folglich deſto weniger auf das Queckſilber fallen und von demſelben zurückgeworfen werden können, bis daß bey einem Neigungswinkel von 10 Grad beyde Bilder gleich helle ſind. Unter dieſem Winkel werden nämlich von 1000 Strahlen 333 zurückgeſendet; von den übrigen, die durchgehen, bleiben nach der Zurückwerfung an der Queckſilberfläche nur 500, von welchen endlich bey dem Herausfahren durch die Zurückwerfung in das Waſſer hinein nur 333 bleiben, um das Bild von der Oberfläche des Queckſilbers zu bilden.

Einige, und beſonders Edwards [n]) haben bemerkt, daß mit den Strahlen, die aus Waſſer in Luft

n) Philoſoph. Tranſact. Vol. LIII. p. 229.

Luft fahren wollen, eine ſtarke Zurückwerfung vorgeht; auch haben Perſonen, die ſich unter Waſſer befunden, die Bilder der Gegenſtände unter dem Waſſer beſonders ſchön und deutlich geſehen; indeſſen hatte man bis dahin auf dieſen Umſtand keine gehörige Aufmerkſamkeit gerichtet, bis daß ihn Bouguer genauer unterſuchte, welcher an dieſer Erſcheinung viel Merkwürdiges fand. In dem gegenwärtigen Falle, ſagt er, wird von den kleinſten Neigungswinkeln an, bis zu einem gewiſſen Winkel, der größte Theil der Strahlen vielleicht eben ſo ſtark, als von der Oberfläche metallener Spiegel oder Queckſilber, zurückgeworfen, und das übrige, welches nicht in die Luft geht, ausgelöſcht oder verſchluckt, ſo daß die Oberfläche des durchſichtigen Körpers inwendig ganz dunkel erſcheint. Wird der Neigungswinkel um ein Paar Grade größer, ſo hört die ſtarke Zurückwerfung gleich auf, ein großer Theil der Strahlen geht in die Luft, und nur wenige werden verſchluckt, oder unwirkſam gemacht. So wie der Neigungswinkel zunimmt, wird des reflektirten Lichts immer weniger, und die faſt ſenkrecht auffallenden Strahlen fahren beynahe alle aus dem durchſichtigen Körper heraus, deſſen Oberfläche faſt alle ihre Kraft, das Licht zu verſchlucken, verliert, und faſt eben ſo durchſichtig wird, wie ſie es von der andern Seite iſt, oder, als wenn ſie das Licht von außen bekommt.

Die Eigenſchaft, das Licht zu verſchlucken, oder unwirkſam zu machen, welche an den Oberflächen durchſichtiger Körper ſich findet, iſt in der That merkwürdig, und iſt, wie es ſcheint, von Niemanden vor Bouguer bemerkt worden. Es iſt bereits im dritten Theile angeführt, daß Newton gemuthmaßt habe, die Lichtſtrahlen möchten bloß durch den Anſtoß gegen

die dichten Theilchen der Körper entkräftet werden; allein Bouguer's Bemerkungen zeigen, daß es ſich ganz anders verhält, und daß man dieſes Ereigniß nicht den dichten Theilchen der Körper zuzuſchreiben habe, deren in einem langen Striche Waſſers mehrere, als eben bey dem Ausgange aus Waſſer in Luft ſeyn müſſen. Vielmehr muß es von einer bloß an der Oberfläche der Körper befindlichen Kraft herrühren, welche demnach vermuthlich einerley mit derjenigen iſt, welche das Licht zurückwirft, es bricht oder beugt.

Eine der erwähnten Beobachtungen, nämlich, daß unter gewiſſen Neigungswinkeln das Licht ſehr ſtark von der Luft weg in das dichtere Mittel zurückgeworfen wird, hat man ſonſt ſchon häufig gemacht; beſonders an gläſernen Prismen, welche Newton deßwegen ſtatt eines Reflektirſpiegels in ſeinem Teleſkope brauchte. Denn wenn die Strahlen innerhalb dieſer Prismen unter einem Winkel von 10, 20, bis 30 Grad auf die gemeinſchaftliche Fläche des Glaſes und der Luft fallen, ſo iſt die Zurückſtrahlung faſt ſo ſtark, als an der Oberfläche des Queckſilbers, indem ein Drittheil oder Viertheil der Strahlen verſchluckt, und zwey Drittheile oder drey Viertheile zurückgeworfen werden. Dieſes dauert faſt gleich ſtark bis zu einem Neigungswinkel von 49° 49′, da bey einem um einen einzigen Grad größern Winkel die Menge des zurückgeworfenen Lichts plötzlich abnimmt, und ein großer Theil der Strahlen aus dem Glaſe fährt, ſo daß die Oberfläche mit einemmale durchſichtig wird.

Alle durchſichtige Körper haben dieſelbe Eigenſchaft, mit dem Unterſchiede, daß der Neigungswinkel, wo die ſtarke Zurückwerfung aufhört, in einigen größer, in andern kleiner iſt. Im Waſſer iſt dieſer

Win-

Winkel etwa 41° 32′, und in jedem andern Mittel hängt er von dem unveränderlichen Brechungsverhältniſſe ab, ſo daß man daraus dieſe Erſcheinung, wenigſtens was die zufällige Undurchſichtigkeit der Oberfläche betrifft, erklären kann.

Die Menge des von der innern Fläche zurückgeworfenen Lichts bey großen Neigungswinkeln zu meſſen, fand Bouguer erſt große Schwierigkeiten, hauptſächlich wegen der mancherley Veränderungen, welche das Licht erlitt, ehe es in ſein Auge kam; doch fiel er zuletzt auf eine Vorrichtung, durch welche er herausbrachte, daß bey einem Neigungswinkel von 75 Graden die innere Zurückwerfung im Glaſe das Licht 27 bis 28 mal verminderte; da hingegen bey der Zurückwerfung an der äußern Fläche bey demſelben Neigungswinkel nur der 36ſte Theil der Strahlen ins Auge kam, ſo daß die innere Zurückwerfung etwas ſtärker, als die äußere iſt. Bisweilen fand er beyde Zurückwerfungen gleich ſtark, gewöhnlich aber die innere doch etwas ſtärker als die äußere.

Zur Fortſetzung der Unterſuchungen über die Verminderung des Lichts, welche von der ſchiefen Zurückwerfung unpolirter Körper entſteht, verglich er die Erſcheinungen bey gerade und ſchief auffallendem Lichte. Er nahm ſehr ſauber matt geſchliffene Silberplatten, die weißer als das ſchönſte Papier waren, ſtellte die eine 60 Zoll weit vom Lichte, unter einem Winkel von 75 Graden gegen die Lichtſtrahlen; nun mußte er die andere, welche das Licht ſenkrecht erhielt, 67 Zoll vom Lichte entfernen, damit jene ihr am Lichte gleich kommen möchte. Dieſen Verſuch machte er auch unter andern Winkeln, und verfuhr mit ſehr weißem Gyps und holländiſchem Papiere eben ſo. Die

Reſultate ſeiner Beobachtungen ſind in folgender Tafel enthalten, in welcher die Stärke des Lichts, welche die Fläche bey ſenkrecht auffallenden Strahlen hat, durch 1000 ausgedruckt iſt.

Neigungswinkel	Stärke des zurückgeworfenen Lichts von		
Grade	matt polirtem Silber	Gyps	holländiſchem Papiere
90	1000	1000	1000
75	802	762	971
60	640	640	743
45	455	529	507
30	319	352	332
15	209	194	203

Wenn man ſich die Ungleichheiten auf der Oberfläche der undurchſichtigen Körper als eine Menge kleiner auf alle Arten geneigter Ebenen vorſtellt, ſo ſieht man aus dieſen Beobachtungen, daß es dergleichen weniger giebt, die das Licht bey kleineren Neigungswinkeln zurückſenden, als bey großen. Bouguer berechnet das Verhältniß der Mengen der kleinen Flächen, welche das unter verſchiedenen Neigungen auf die Hauptfläche auffallende Licht ſenkrecht auffangen und zurückſenden, wie folgende Tafel zeigt:

Neigung der kleinen Flächen gegen die große	Vertheilung der kleinen Ebenen, aus welchen die Ungleichheiten beſtehen, in		
	Silber	Gyps	holländ. Papier
0 Grad	1000	1000	1000
15 —	777	736	937
30 —	554	554	545
45 —	333	374	358
60 —	161	176	166
75 —	53	50	52

Die-

Dieſe Veränderungen in der Anzahl der kleinen Ebenen ſtellt er durch die Ordinaten einer krummen Linie dar, und unterſucht darauf geometriſch, wie die Wirkung ausfallen würde, wenn der Körper nach einer Richtung erleuchtet, und nach einer andern geſehen würde; und löſt hieraus verſchiedene Aufgaben auf, z. B. wenn die Lage des Auges gegeben iſt, den Winkel zu finden, unter welchem der Körper gegen das Licht geneigt werden muß, um das möglichſt meiſte Licht zurückzuwerfen; oder, wenn die Lage des leuchtenden Körpers gegen eine matt polirte Fläche gegeben iſt, die Richtung zu finden, in welcher das Auge ſich befinden muß, damit die Stärke des zurückgeworfenen Lichts ein Größtes ſey.

Weil einige Planeten, unter andern die Venus und der Mond, gegen den Rand zu heller, als um den Mittelpunkt ſcheinen, ſo ſchließt Bouguer daher aus der angeführten Theorie, daß die Körper auf denſelben eine andere Beſchaffenheit, als die auf unſerer Erde haben, und daß ihre undurchſichtigen Oberflächen aus kleinen Ebenen beſtehen müſſen, welche gegen die Hauptfläche anders geneigt ſind, als bey den Körpern auf unſerer Erde; wie auch, daß es auf ihnen eine unendliche Menge von Punkten giebt, die genau gleichen Glanz beſitzen.

Hiernächſt ſucht er die Größe der Oberflächen zu beſtimmen, welche die kleinen Ebenen nach jeder beſondern Neigung einnehmen. Dieſe leitet er aus der Menge des Lichts her, welches jede auf gleiche Art geneigte Ebenen zurückſenden; wobey er diejenigen, die gegen die Hauptebene mehr geneigt ſind, verhältnißmäßig weniger Raum einnehmen läßt. Aus der Vergleichung der Lichtmenge, welche ſehr weißer Gyps

nach

nach dieſer Rechnung zurückſenden ſollte, wenn er unter einem Winkel von 75 Grad gegen die Lichtſtrahlen geneigt iſt, mit derjenigen, welche er wirklich zurückſendet, findet er, daß er, ſeiner glänzenden Weiße ungeachtet, doch viel Licht verſchluckt. Denn da von 10000 auffallenden Strahlen 166 oder 167 zurückgeworfen werden ſollten, ſo kommen wirklich nur 67 zurück, daß alſo von 167 Strahlen 100 verſchluckt werden, welches faſt $\frac{3}{5}$ ſind. Von dem Monde berechnet er, daß von 300000 Strahlen, welche er uns zurückſenden ſollte, 172000 oder wohl gar 204100 verſchluckt werden.

Endlich unterſucht er noch zwey Fragen, erſtlich, ob die kleinen Flächen der Ungleichheiten auf der Oberfläche der Körper die parallel auffallenden Strahlen parallel zurückſenden, oder ſie wie convexe Flächen zurückwerfen? Er glaubt, man könne ſie als eben betrachten, in ſo fern man ein Mittel zwiſchen den convexen und concaven Ungleichheiten nimmt. Sonſt aber möchten die Strahlen wohl immer von einem wirklichen oder virtualen Vereinigungspunkte ausfahren, und ſich nach der Zurückſtrahlung von einander je weiter je mehr entfernen.

Zweytens fragt er, was aus den Strahlen werde, die von einer kleinen Unebenheit zur andern zurückprallen? Selten, ſagt er, müſſe der Fall ſeyn, das Strahlen nach zwey Zurückwerfungen ins Auge kommen können, ſondern ſie werden meiſtens ſich in den kleinen Unebenheiten verlieren, und den Körper zu erwärmen dienen.

Nunmehr ſtellte Bouguer auch Unterſuchungen über die Licht-Zurückwerfung des Körpers innerhalb durch-

durchſichtiger Körper an. Ohne Zweifel giebt es keinen durchſichtigen Körper, welcher alles auffallende Licht durchgehen ließe, vielmehr lehrt die Erfahrung, daß bloß ein Theil durchgehe, ein anderer unwirkſam gemacht, und noch ein anderer zurückgeworfen werde. Die Methode, welche Bouguer gebrauchte, den Verluſt des Lichts in durchſichtigen Körpern zu meſſen, ſtellt die fig. 58. vor, wo b einen durchſichtigen Körper bedeutet, auf welchem das Licht p ſteht, das die beyden Täfelchen d und e faſt ſenkrecht erleuchtet. Das erſte Täfelchen wird durch den durchſichtigen Körper b geſehen, das andere aber zu eben der Zeit mit bloßem Auge bey a. Beyde Erleuchtungen dem Auge gleich ſtark darzuſtellen, muß das Täfelchen e weiter fortgerückt werden. Die Quadrate der Entfernungen der Täfelchen vom Lichte gaben das Verhältniß der Verminderung des Lichts.

Auf dieſe Weiſe ließ Bouguer das Licht durch 16 Stücke gemeines Fenſterglas fallen, welche zuſammen $9\frac{1}{2}$ Linien dick waren, und fand, daß es 247 mal geſchwächt ward. Auch nahm er 6 Stück Spiegelglas, zuſammen $11\frac{1}{2}$ Linien dick, und fand, daß das Licht im Verhältniſſe von 100 zu 27 vermindert ward. Allein ein einziges Stück 3 Zoll dick verminderte das Licht kaum zur Hälfte.

Mit dem klarſten Seewaſſer, das er zu Croiſic bekommen konnte, füllte er einen 115 Zoll langen Kaſten an, welcher an ſeinen Enden mit zwey Stücken Glas verſchloſſen war, und fand, daß das Licht auf dem Wege dadurch im Verhältniſſe von 14 zu 5, und genauer in dem von 169 zu 64 geſchwächt ward. Er hält aber dieſe Verſuche ſelbſt für fehlerhaft, weil er unter dem heißen Erdſtriche gefunden hatte, daß man

daſelbſt

daſelbſt den Boden des Meeres auf eine Tiefe von 100 bis 120 Fuß wahrnehmen kann, wenn der Boden aus weißem Sande beſteht und die Sonne hoch iſt. Er glaubt, daß das Licht in einer Länge von 10 Fuß durch Seewaſſer nur in dem Verhältniſſe von 5 zu 3 oder gar nur von 5 zu $3\frac{1}{2}$ geſchwächt werde.

Er betrachtete durch ein länglichtes Stück Glas einen Gegenſtand, z. B. ein Täfelchen, und ein anderes durch vier ein wenig von einander entfernte Stücke Glas, welche zuſammen genau dieſelbe Länge wie jenes hatten. Sie waren gegen die Täfelchen unter einem Winkel von 75 Graden geneigt. Aus der Vergleichung der Entfernungen der Täfelchen von dem Lichte, welches ſie erleuchtete, fand er, daß das Licht durch die ſechs Zurückwerfungen an den drey hintern Stücken in dem Verhältniſſe von 360000 zu 243049 geſchwächt ward, alſo durch jedes in dem Verhältniſſe 1000 zu 877. Die Zurückwerfung eines jeden Stücks an der Vorderfläche nahm nach den obigen Erfahrungen den 36ſten Theil weg, ließ alſo von 1000 Strahlen 972 übrig; die an der Hinterfläche nahm den 27 bis 28ſten Theil weg, verminderte folglich die 972 Strahlen auf 936. Es giengen aber nur 877 wirklich durch, folglich giengen 59 Strahlen verlohren, das iſt etwa der 16te Theil des Lichts. Dieſen Verluſt ſchreibt er der Hinterfläche zu, welche ſo zu wirken fortfährt, als wenn ſie noch nicht völlig durchſichtig wäre. Bey allen mäßigen Neigungen, von der kleinſten bis zu 49 Grad 49 Minut. verzehrte ſie den dritten oder vierten Theil des Lichts, worauf ſie plötzlich, wie ſchon bemerkt iſt, einen weit kleinern Theil verzehrt, und, wie jetzt gefunden ward, bey faſt ſenkrechten Strahlen noch dieſe Eigenſchaft in etwas

behält.

behält. Bey ähnlichen Verſuchen fand Bouguer zwar nicht genau daſſelbe Reſultat, doch bewieſen ſie ihm beſtändig, daß Licht verlohren gegangen ſey. Es ſchien ihm, daß er den Verluſt der verlohren gegangenen Strahlen auf $\frac{1}{27}$ oder $\frac{1}{28}$ des Lichts, ſo groß, wie den von der Hinterfläche des Glaſes zurückgeworfenen Theil ſetzen könnte. Dieſe Beobachtungen geben einen neuen Beweis ab, daß den Oberflächen eine vor Bouguer nicht bemerkte Kraft zukommt, die auf die Strahlen noch anders wirkt, als es bey der Zurückwerfung, Brechung und Beugung geſchieht, nämlich die Kraft, die Strahlen unwirkſam zu machen, welche Newton bloß den dichten Theilchen der Körper zugeſchrieben hatte.

In dem zweyten Abſchnitte des dritten Buchs giebt Bouguer die Auflöſung einiger artigen Aufgaben über die Durchſichtigkeit der Körper. Da ſie aber keine neuen optiſchen Entdeckungen enthalten, ſo iſt es hier hinreichend, nur ein Paar Beyſpiele der letzten Aufgabe anzuführen, in welcher gezeigt wird, wie man die Dicke eines durchſichtigen Mittels zu berechnen hat, bey welcher er ganz undurchſichtig wird. Hiezu wird erfordert, daß man wiſſe, in welchem Verhältniſſe das Licht geſchwächt werde, wenn es einen gewiſſen Weg in einem Mittel zurücklegt, woraus man, weil die Stärke deſſelben im geometriſchen ſtetigen Verhältniſſe abnimmt, berechnet, wie weit es zu gehen habe, damit es ſo ſchwach werde, daß es für das Auge unempfindlich wird.

Seewaſſer, ſagt er, würde bey einer Dicke von 679 Fuß alle ſeine Durchſichtigkeit verliehren, und die Luft würde, wenn ſie ſich auf 518385 Klafter in die Höhe, mit der Dichtigkeit, die ſie bey uns hat, erſtreck-

erſtreckte, ſo undurchſichtig werden, daß wir von den Himmelskörpern kein Licht bekommen könnten, ſondern in einer ſtockfinſtern Nacht begraben wären.

Hierauf unterſucht Bouguer die Verminderung des Lichts, welche es auf dem Wege durch ein ungleich dichtes Mittel leidet, dergleichen die Luft iſt. Er ſetzt hiebey die Strahlenbrechung bey Seite, weil ſie die Brechung nur viel verwickelter und doch wenig genauer machen würde, da ſie nicht einmal 2 Drittheil eines Grades beträgt. Er nimmt hiebey mit Mariotte an, daß die Dichtigkeit der Luft ihrer Zuſammendruckung proportional ſey, woraus folgt, daß die Dichtigkeiten der Schichten in der Atmoſphäre in geometriſcher Progreſſion abnehmen, wenn die Höhen in arithmetiſcher wachſen. Hieraus berechnet er theils die ganze Luftmaſſe nach ſenkrechter Richtung, in Vergleichung mit der gröbern Luft an der Erdfläche, theils nach einer jeden andern Richtung, wo ſie nothwendig größer ausfallen muß, als nach jener. So beträgt eine ſenkrechte Luftſäule der allmählich verdünnten Luft ſo viel, als eine eben ſo weite und 3911 Toiſen hohe Säule gleichförmig dichter Luft, wie ſie an der Erdfläche iſt, wenn man die Barometerbeobachtungen des de la Hire zum Grunde legt. Sie würde nach den in Peru von Bouguer ſelbſt angeſtellten 7197 Toiſen hoch ſeyn. Die Maſſe der in einer geneigten Luftſäule enthaltenen ungleich dichten Luft bringt er nach eben dieſen Vorausſetzungen auf eine gleichförmig dichte Luftſäule, und nimmt an, daß das Licht in jener eben den Verluſt wie in dieſer erleidet. Er hatte beobachtet, daß wenn der Mond von 66° 11′ ſcheinbarer Höhe bis zu 19° 16′ herunterſteigt, das Licht in dem Verhältniſſe 2500 zu 1681 abnahm,

und

und weil er die Luftmaſſen, durch welche das Licht in dieſe Höhen geht, berechnet hatte; ſo gab ihr Unterſchied zu erkennen, wie viel auf einem gewiſſen Wege, durch die auf eine gewiſſe gleichförmige Dichtigkeit reducirte Luft, das Licht geſchwächt werde, woraus er ferner für jede andere Höhe und die dazu gehörige Luftmaſſe die Schwächung des Lichts berechnen konnte. Aus dieſen ſeinen Rechnungen zog er folgende Tafel der in der Atmoſphäre enthaltenen Luftmaſſen, und der Stärke des Lichts der Himmelskörper, welche es nach dem Durchgange durch dieſe Maſſen noch hat:

Scheinbare Höhe der Geſtirne	Betrag d. Luftmaſſen in grober Luft	Stärke des Lichts d. Geſtirne n. d. Durchgange
Grade	Toiſen	
90	3911	8123
80	3971	8098
70	4162	8016
66 11′	4275	7968
65	4315	7951
60	4516	7866
55	4776	7759
50	5104	7624
45	5530	7454
40	6086	7237
35	6813	6963
30	7784	6613
25	9191	6136
20	11341	5774
19 16′	11744	5358
19	11890	5316
18	12515	5143
17	13220	4954
16	14000	4753

Scheinbare Höhe der Geſtirne	Betrag d. Luftmaſſen in grober Luft	Stärke des Lichts d. Geſtirne n. d. Durchgange
Grade	Toiſen	
15	14880	4535
14	15880	4301
13	17012	4050
12	18344	3773
11	19908	3472
10	21745	3149
9	23975	2797
8	26672	2423
7	29996	2031
6	34300	1616
5	39893	1201
4	47480	802
3	58182	454
2	74429	192
1	100930	47
0	138823	6

Die Zahl 10000 bezeichnet die Stärke des Lichts vor dem Eintritte in die Atmoſphäre.

Dieſe Tafel ſtimmt faſt gänzlich mit derjenigen überein, welche ſich in dem erſten Entwurfe des Werks vom Jahre 1729 befindet, und iſt nicht aufs neue berechnet worden, ob ſich gleich Bouguer nach der Zeit richtigere Kenntniſſe von dieſem Gegenſtande erworben hatte.

Die Zurückwerſung des Lichts von den innern Theilen durchſichtiger Körper zu unterſuchen, nahm Bouguer ein ziemlich dickes Stück Kryſtallglas, welches das Licht im Verhältniſſe 9 zu 4 verminderte. Ferner ſtellte er zwey Gypsplatten neben einander, und betrachtete ſie durch jenes Glas, aber an Stellen, die

ſo

ſo weit von einander entfernt waren, daß er den einen Theil des Glaſes durch ein ſtarkes Licht erleuchten und den andern in die ſtärkſte Dunkelheit bringen konnte. Dieſer Umſtand hatte einen beträchtlichen Einfluß auf die Deutlichkeit des Sehens. Der dunkle Theil des Glaſes ſchien ihm merklich durchſichtiger, als der andere, indem die Erleuchtung des andern Theils, anſtatt ſich mit der von dem Gegenſtande zu vereinigen, ſie vielmehr ſchwächte; und je deutlicher er das Innere des durchſichtigen Körpers erkannte, deſto mehr verlohr der Gegenſtand auf der andern Seite von der Deutlichkeit. Das Licht, welches die eine Hälfte des Kryſtallglaſes erleuchtete, war etwa 31mal ſtärker, als dasjenige, was die beyden Gypstäfelchen erleuchtete, und um dieſen beyden Gegenſtänden gleichen Grad der ſcheinbaren Helligkeit zu geben, mußte er die Erleuchtung desjenigen, den er durch den hellen Theil des Kryſtallglaſes ſahe, um den ſiebenten Theil vermehren. Er berechnet hieraus, daß die kleinen Theilchen des Kryſtallglaſes die Strahlen, die ſie auffangen, ſo wenig zurückwerfen, daß ſie nur den 235ten Theil derſelben reflektiren. Vermuthlich, ſagt er, werden die innern Theile aller andern durchſichtigen Körper die wenigſten Strahlen, welche ſie auffangen, zurückwerfen.

Auch berechnet er die Stärke des Lichts, welches von den innern Theilen eines gleichförmig dichten Mittels zurückgeworfen wird. Dieſes auf die Luft anzuwenden, nimmt er zwey Fälle an, einen, da die Sonne am Horizonte iſt, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Zenith hin berechnet werden ſoll, den andern, da die Sonne am Zenith ſteht, und die Stärke der Luftfarbe nach dem Horizonte hin geſucht wird.

In dem zweyten Falle berechnet er die Stärke der Luftfarbe nicht bloß für die ganze Tiefe der Atmoſphäre, ſondern auch für verſchiedene Strecken derſelben, wie in der folgenden Tafel zu ſehen iſt, wo die Weiten in Meilen, deren 20 einen Grad machen, angegeben ſind. Der Buchſtabe q in derſelben iſt ſtatt der Zahl geſetzt, welche angeben ſollte, wie ſehr das Licht durch die Zurückwerfung von den Theilchen der Luft geſchwächt werde. Nach Erfahrungen, die **Bouguer** in Amerika zu machen Gelegenheit gehabt hat, iſt der Werth von q wenigſtens $\frac{1}{363}$, d. i. die Lufttheilchen ſenden uns wenigſtens nicht mehr als den 363ſten Theil der Strahlen zurück, welche ſie auffangen, und vermuthlich noch weniger.

Entfernungen in Meilen	Betrag der Luftmaſſen auf eine gleichförmige Dichte gebracht in Klaftern	Stärke der Luftfarbe
$2\frac{1}{2}$	7115	$\frac{778}{10000}$ q
5	14231	$\frac{1289}{10000}$ q
10	28257	$\frac{1967}{10000}$ q
15	41931	$\frac{2268}{10000}$ q
20	55096	$\frac{2410}{10000}$ q
30	79307	$\frac{2525}{10000}$ q
45	109099	$\frac{2565}{10000}$ q
60	130548	$\frac{2575}{10000}$ q
90	153128	$\frac{2575}{10000}$ q
180	169518	$\frac{2575}{10000}$ q

Man braucht nur, ſagt **Bouguer**, dieſe Tafel zu betrachten, um zwey verſchiedene Arten, wie ſehr entfernte Gegenſtände auf der Erde ſich unſern Augen entziehen, erklären zu können. Wenn ein großes Gebirge, das mit Waldungen bedeckt iſt, 29 bis 30 Meilen von uns entfernt liegt, ſo wird nur weniges

niges Licht von demſelben in unſer Auge kommen können. Denn außerdem, daß das Blättergrün keinen ſonderlich lebhaften Glanz hat, ſo giebt es noch zwiſchen den Blättern ſo viele ſchattige Zwiſchenräume, die gar kein Licht zurückſenden. Iſt aber die Atmoſphäre recht heiter, ſo wird das Gebirge mit alle dem Luftglanze bedeckt ſeyn, welchen die Maſſe der zwiſchen dem Gegenſtande und dem Beobachter enthaltenen Luft zurückwirft, und dieſe Farbe wird durch $\frac{2525}{10000}$ q ausgedruckt werden, da die Farbe der ganzen Atmoſphäre, oder des Himmels, den man zur Seite ſieht, durch $\frac{2575}{10000}$ q ausgedruckt wird. Der Unterſchied iſt zwar nur $\frac{1}{51}$, aber doch noch immer bemerkbar, wenn man darauf Acht giebt. Wäre das Gebirge noch näher, ſo würde der Unterſchied der Stärke der beyden Luftfarben größer ſeyn; und der Gegenſtand, der beſtändig ſeine Geſtalt behielte, würde wie eine etwas dickere Wolke ausſehen; ſeine Farbe würde gegen die Farbe des Himmels etwas dunkler ſcheinen, da ſie hingegen in jenem Falle, wenn der Gegenſtand eben verſchwinden will, wie eine dünne und ſehr durchſichtige Wolke erſcheint, ſo daß man in der Gegend des Gebirges das Blau des Himmels wie mit einem leichten Flore überzogen ſehen wird. Wäre aber das Gebirge nur 18 bis 20000 Toiſen entfernt, ſo könnte man vielleicht ſchon etwas von ſeiner grünen Farbe erkennen. Wegen des Mangels der Durchſichtigkeit der Luft wurde die Helligkeit dieſes Gegenſtandes in dem Verhältniſſe 1000 zu 346 geſchwächt werden; und dieſer Mangel der Durchſichtigkeit iſt es, der in Verbindung mit der Luftfarbe die Stärke oder den Glanz der Erleuchtung an den Gegenſtänden ſchwächt, die man unmittelbar betrachtet. Wenn das Gebirge mehr Strahlen zurückwirft, weil es näher liegt, ſo wird dabey zugleich

die Farbe der Luft blaſſer, und beyde Farben werden ſich einander ſchwächen.

Solche Objekte, die eben verſchwinden wollen, ſieht man gleichſam nur auf eine negative Art, dahingegen andere, zwar entferntere, auf eine poſitive Art geſehen werden, wenn das von ihnen herkommende Licht ſtärker, als das von den nahe liegenden Theilen des Himmels iſt. Wenn ein ſchwarzes Gebirge 45 bis 50 Meilen entfernt liegt, ſo wird die blaue Farbe, welche es bedeckt, von der Farbe des Himmels ſo wenig unterſchieden ſeyn, daß es gar nicht zu bemerken iſt. Wäre aber das Gebirge mit ſehr weißem Sande oder mit Schnee bedeckt, ſo würde man es ſehr deutlich entdecken können. Einige glauben, daß man ſolche große Gegenſtände in noch größerer Entfernung ſehen könne; allein Bouguer zweifelt daran, und ſetzt 45 franzöſiſche Meilen als die Grenze feſt, weil man in dieſer Entfernung von dem Meerbuſen Guayaquill den Berg Chimboraço noch eben zu erblicken im Stande iſt.

Doch iſt zu merken, daß die Entfernung, in welcher man Gegenſtände noch ſehen kann, ſowohl von der Stärke ihrer Erleuchtung und der Güte des Auges, als auch von der Durchſichtigkeit des zwiſchenliegenden Mittels abhängt. Muſſchenbroek o) erzählt von einem Manne, welchen er ſelbſt gekannt hat, daß er die Jupiterstrabanten mit bloßen Augen eben ſo gut, als er ſelbſt mit einem 12 füßigen Fernrohre, erkennen konnte. Er führt dabey aus dem Cicero das Beyſpiel eines Menſchen an, der auf 1800 Stadia weit ſehen konnte, und die Erzählung des Plinius, daß zur Zeit des zweyten Puniſchen Krieges Einer, von Lilibäum in Sicilien ab, die aus dem Hafen von Carthago auslaufenden Schiffe gezählt hat. Die

o) Introd. ad philoſ. natur. Vol. II. §. 1971 ſqq.

Dieſe Erzählung iſt aber ſehr unwahrſcheinlich, oder vielmehr, wegen der Krümmung der Erde, unmöglich.

Ueber die Kraft verſchiedentlich gefärbter Mittel, das Licht zu verſchlucken, ſtellte Muſſchenbroek verſchiedene Verſuche an, aus welchen erhellet, daß ſelbſt ſehr durchſichtige und dünne Körper, wenn ſie verſchiedentlich gefärbt ſind, dem Lichte wirklich den Durchgang oft verwehren. Er nahm Glasſtücke von jeder der ſieben Farben, welche zuſammen noch nicht einen halben Zoll dick waren, und doch konnte er die Sonne dadurch nicht erkennen. Um die Wirkung eines jeden dieſer gefärbten Stücke beſonders zu erforſchen, ſetzte er ſie auf mancherley Art zuſammen. Die Reſultate ſeiner Erfahrungen, ſowohl in Abſicht der Menge des durchgelaſſenen Lichts, als der Farbe deſſelben beſchreibt er in ſeiner Introductio ad philoſ. natur. Vol. II. p. 800. Ueberhaupt folgerte er daraus, daß in einem weißen Sonnenſtrahle die rothen Strahlen am häufigſten vorhanden ſind, daß dieſe durch rothe, orange und gelbgefärbte Gläſer leicht durchgehen, aber in geringer Menge durch grüne Gläſer, ſo daß die grünen, blauen, purpurnen und violetten Strahlen von dem weißen Sonnenſtrahle abgeſondert wurden, wenn man ihn mit einem rothen Glaſe auffängt. Waren die rothen Strahlen durch rothe, orangenfarbige und gelbe Gläſer durchgegangen, ſo blieben nur wenige Strahlen übrig, welche durch ein grünes dahinter liegendes Glas gehen konnten. Denn die grünen Strahlen drangen bis dahin nicht durch, und blaue Strahlen waren auch nicht mehr vorhanden, die durch das folgende blaugefärbte Glas hätten dringen können, ſo daß alle Stücke zuſammen ein undurchſichtiges Ganzes ausmachten. Bey dieſen

Verſuchen konnte er nicht herausbringen, was aus dem rothen Lichte wurde, das nach dem Durchgange durch das rothe, orangenfarbige und gelbe Glas auf das grüne fiel. Er ſcheint zu glauben, daß es entweder in das rothe Glas zurückgeworfen oder in dem grünen nach allen Richtungen zerſtreuet ſeyn möge.

Das Sonnenlicht ließ er durch mehrere blau gefärbte Gläſer gehen, und fand, daß Gegenſtände in dem durchgegangenen Lichte immer ein tieferes Blau annahmen, bis ſie zuletzt purpurfarbig erſchienen. Durch fünf ſolcher blauer Glasſcheiben ſchien die Sonne weiß, durch ſechſe nahm ſie eine purpurne Farbe an, welche mit jeder neuen Scheibe dunkler ward, bis daß er durch 15 blaue Scheiben, die zuſammen einen Zoll ausmachten, nichts mehr von der Sonne erkennen konnte.

Es iſt bisher angeführt worden, daß nach Bouguer's Erfahrungen das Licht deßwegen verſchluckt oder unwirkſam gemacht werde, weil es auf die Flächen der Körper mit einer gewiſſen Neigung fällt, und nicht deßwegen, weil es, wie Newton annahm, auf die dichten Theile ſtößt: und daß die Dicke der durchſichtigen Körper, durch welche das Licht geht, lange nicht ſo hinderlich iſt, als die Menge der Oberflächen. Allein einige von Canton mit ſeinem künſtlichen Phosphor angeſtellte Verſuche ſcheinen doch zu beweiſen, daß in einigen Fällen die Dicke der durchſichtigſten Mittel dem Durchgange des Lichts ſehr hinderlich fällt.

Canton nahm zwey gleich durchſichtige Stükke des feinſten Flintglaſes, deren Seiten er vollkommen parallel ſchleifen ließ, aber eins ward 10 mahl

mahl ſo dick als das andere gemacht. Dieſe ſtellte er ſo, daß das Licht von einem elektriſchen Schlage durch ſie fahren, und auf Stücke von ſeinem Phosphor fallen konnte. Ob nun gleich in beyden Fällen nur zwey Oberflächen vorhanden waren, und der Unterſchied des Verluſts am Lichte in dem Durchgange durch beyde Stücke, nach Bouguer's Verſuchen, nur ſehr gering hätte ſeyn müſſen; ſo fand ſich doch ein großer merklicher Unterſchied an dem Lichte, welches beyde durchgelaſſen hatten, weil der Phosphor von dem Lichte völlig gleicher Schläge durch das dicke Glas lange nicht ſo erleuchtet worden war, als durch das dünne.

Prieſtley [p]) hatte Canton's Verſuche wiederholt, und gefunden, daß der Phosphor durch ſieben Stücke ſehr dünnen Glaſes ſtärker erleuchtet ward, als durch ein einziges eben ſo durchſichtiges, aber $\frac{1}{4}$ Zoll dickes Stück, und doch hätte wegen gewiſſer Umſtände der Durchgang durch das dicke Glas noch etwas leichter fallen ſollen. Er zweifelt daher nicht, daß auf dieſe Art durch zwölf oder gar zwanzig Stücke ſehr dünnen Glaſes mehr Licht, als durch ein einziges Viertelzölliges gehen möge.

Doch ſey zu bemerken, daß, wenn der Phosphor durch dieſe Gläſer von dem Sonnenlichte in einem dunkeln Zimmer erleuchtet werde, jener Unterſchied ſich nicht zeige. Nur wenn er den Phosphor ſo geſchwind als möglich durch den Sonnenſtrahl bewegte, kam ihm die Erleuchtung durch die dünnen Gläſer ſtärker als durch das dicke vor. Blieben aber die Stücke Phosphor die kleinſte bemerkbare Zeit, keine Viertelſecunde, in dem Sonnenlichte, ſo verlor ſich aller Unterſchied.

Es

p) Geſchichte der Optik, durch Klügel. S. 311. f.

Es ſey wahr, bemerkt Prieſtley noch, die Ausſtrahlung des Lichts bey einem elektriſchen Lichte ſey augenblicklich, und es ſey unmöglich, den Phosphor ſo geſchwind durch den Sonnenſtrahl zu bewegen, daß er nicht, in Vergleichung mit der Dauer eines elektriſchen Schlages, eine beträchtliche Zeit dem Lichte ſollte ausgeſetzt geweſen ſeyn, und daß eine fortdauernde Wirkung des Lichts dabey ſtatt gefunden hätte. Wie aber dieſer Umſtand einen ſo merklichen Unterſchied hervorbringen könne, das ſey er nicht im Stande, zu erklären. Dieſe Thatſache ſey jedoch bey alle dem merkwürdig, und verdiene eine genauere Unterſuchung.

Was nun Lambert's Unterſuchungen über dieſen Gegenſtand betrifft, ſo ſind ſie noch viel genauer, gründlicher und tiefdenkender, als die von Bouguer, und verdienen daher vorzüglich angeführt zu werden, beſonders da die Optik durch dieſe Bemühungen des unſterblichen Lambert ſo ungemein bereichert worden iſt.

In dem erſten Theile ſeiner Photometrie q) ſetzt Lambert die erſten Gründe und Begriffe dieſer Wiſſenſchaft feſt, zeigt, wie das gerade fortgepflanzte Licht zu meſſen ſey, und unterſucht mit Hülfe der Erfahrung, wie weit die Schärfe des Auges bey Beurtheilung der Helligkeiten gehe. Zuerſt unterſcheidet er die Helligkeit des Lichts, welches ein Objekt erleuchtet, und die Helligkeit des erleuchteten Gegenſtandes; ferner die Helligkeit des Lichts, in ſo fern ſie dem Auge ſichtbar iſt (claritas viſa), und die Helligkeit deſſelben, in ſo fern es die Gegenſtände erleuchtet. Beziehṭ ſich die

q) Photometria, ſ. de menſura et gradibus luminis, colorum et umbrae. Auguſt. Vindelicor. 1760. 8.

die letztere auf den leuchtenden Körper, ſo heißt ſie die erleuchtende Kraft (vis illuminans), und wenn auf den erleuchteten Gegenſtand, die Erleuchtung (illuminatio). Dieſe, die Erleuchtung, verhält ſich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung vom Lichte; die geſehene Helligkeit aber nicht. Dieſer Unterſchied iſt in der Folge wichtig. Z. B. die Erleuchtung, welche die Erde von den Planeten erhält, iſt ganz unbeträchtlich; ihr Glanz oder die geſehene Helligkeit iſt beträchtlich. Wolf verwirrt beyde, wenn er in ſeiner Optik ſagt, daß Gegenſtände in der Entfernung deßwegen nicht ſo helle ſcheinen, wie in der Nähe, weil das Licht umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung abnimmt. Auch von Andern ſind dieſe beyden Begriffe verwechſelt. Wie die geſehene Helligkeit zu meſſen ſey, trägt Lambert hier noch nicht vor; in der Folge bemerkt er aber, daß die Einheit hiebey willkührlich ſey, daß man bey ſehr ſtarkem Lichte die Helligkeit der Sonne, bey ſchwächerm die Helligkeit des Mondes, oder noch beſſer, die Helligkeit einer Ebene, welche alle Strahlen unvermindert zurückwirft, dazu nehmen könne. Auch unterſcheidet Lambert weiter unten die wahre Helligkeit von der geſehenen, wie ſie dem Auge vorkömmt, und ſetzt hinzu, daß die geſehene Helligkeit von der Oeffnung des Sterns im Auge abhange.

Hierauf ſetzt nun Lambert vier Grundſätze feſt, ſowohl durch Schlüſſe als durch Erfahrung, nämlich 1. die Erleuchtung verhält ſich wie die Menge der Lichter, d. i. wie die Oberfläche des erleuchtenden Körpers, bey übrigens gleichen Umſtänden, als Entfernung und Intenſität des Lichts oder Dichtigkeit der Strahlen; 2. ſie verhält ſich verkehrt, wie das Quadrat der Entfernung der erleuchteten Ebene von dem

Lich-

Lichte; 3. ſie verhält ſich verkehrt wie der Sinus des Neigungswinkels der Strahlen gegen die erleuchtete Ebene; dieſe drey erſten ſind ſchon von andern gebraucht. Der vierte aber iſt zuerſt von Lambert eingeführt, und enthält: daß die Erleuchtung dem Sinus des Winkels, welchen die Strahlen mit der leuchtenden Fläche machen (auguli emanationis) proportional iſt. Dieſen Satz beweiſet er erſtlich daher, daß die Sonnenſcheibe an allen ihren Stellen gleich helle ſcheint, daß alſo dieſe Stellen eine Erleuchtung, nicht nach dem Maaße ihrer Größe, ſondern nach dem Maaße ihrer ſenkrechten Projektion auf die Sonnenſcheibe verurſachen. Dieſen wichtigen Satz erweiſet er in der Folge durch mehrere Erfahrungen, ſo wie er ihn auch durch Schlüſſe beſtärkt. Euler [r]) hat in ſeiner Abhandlung von den verſchiedenen Graden des Sonnenlichts und anderer Himmelskörper auf den Unterſchied wegen der Lage der erleuchtenden Fläche gegen die Strahlen nicht geachtet. Nunmehr beweiſet Lambert einige Sätze, die man ſonſt nur als beynahe wahr angenommen hatte, in völliger Schärfe, als: wenn der leuchtende Körper ſphäriſch iſt, ſo verhält ſich die ſenkrechte Erleuchtung verkehrt wie das Quadrat der Entfernung der leuchtenden Ebene, ohne daß man nöthig hat, den ſcheinbaren Halbmeſſer der leuchtenden Kugel als unbeträchtlich klein anzunehmen; und, wenn ein ſphäriſcher Körper eine gegebene Ebene, bey gleicher Entfernung des Mittelpunkts einmahl ſenkrecht, das anderemahl ſchief beſcheint, ſo verhält ſich die ſenkrechte Erleuchtung zu der ſchiefen, wie der Sinus totus zum Sinus der Höhe des Mittelpunkts bey der ſchiefen Erleuchtung. Auch iſt die hier-

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin. an. 1750.

hierauf folgende Unterſuchung von Lambert neu in denjenigen Fällen, wo das Licht nicht ſphäriſch iſt, dergleichen vorkommen, wenn das Tageslicht durch die Fenſter, über einer Mauer, einem Dache einfällt. Er berechnet zu dem Ende die Erleuchtung, welche ſphäriſche Dreyecke und Vierecke in dem Mittelpunkte der Kugel hervorbringen. Die übrigen ebenfalls ſehr merkwürdigen Unterſuchungen dieſes Theils laſſen ſich nicht im Auszuge anführen.

Der zweyte Theil beſchäftigt ſich mit den Veränderungen, welche das Licht beym Durchgange durch durchſichtige Körper, beſonders durch Glas, leidet, und zuerſt mit dem Falle, wenn der durchſichtige Körper aus einer oder mehreren ebenen Glastafeln beſteht. Völlig durchſichtige Körper wären ſolche, die gar kein Licht weder zurückwerfen noch zerſtreuen. Wahrſcheinlich giebt es keine, die gar kein Licht zerſtreuen, wenn ſie gleich einen Theil des auffallenden Lichts unter dem Winkel, unter welchem es aufgefallen war, zurückwerfen. Die Menge des zurückgeworfenen Lichts hängt von der Dichtigkeit des durchſichtigen Körpers, und des daran grenzenden Mittels ab. Licht, welches aus Waſſer in Glas geht, wird weniger zurückgeworfen, als wenn es aus Luft in Glas geht. Bey dem Durchgange aus dem dichtern Mittel ins dünnere wird mehr zurückgeworfen, als in dem entgegengeſetzten Falle. Völlig klares Waſſer und ſehr ſchwarze Dinte in irdene inwendig ſchwarz glaſurte Gefäße gethan, ſtellten das Bild des heitern Himmels gleich helle dar. Der kleine Unterſchied der Dichtigkeit der Dinte und des Waſſers war dabey wenigſtens nicht merklich. Es kömmt alſo auf die größere und geringere Undurchſichtigkeit nicht an. Das von den Glastafeln

tafeln durchgelaſſene, zurückgeworfene und zerſtreuete Licht mit einander zu vergleichen, bedient ſich Lambert eines außerordentlich ſinnreichen Verfahrens, das auch bey andern nicht optiſchen Unterſuchungen zum Muſter dienen kann. Die Rechnung ſtellt er für ſolche Gläſer an, die vollkommen durchſichtig ſind; die Verſuche konnten aber nicht anders als mit Glas, das etwas Licht zerſtreuet, angeſtellt werden. Nun entſtand die Schwierigkeit, mittelſt Gläſer, die nicht vollkommen durchſichtig ſind, zu finden, was bey vollkommen durchſichtigen ſtatt finden würde, um daraus zu beſtimmen, was vom Lichte durch das Glas zerſtreuet und zu nichte gemacht wird. Lambert's Methode iſt dieſe: Zuerſt nimmt er an, daß gar kein Licht zerſtreuet oder verſchlungen werde, und unterſucht, wie bey einer Glastafel das zurückgeworfene und durchgelaſſene Licht ſich gegen einander verhalte, wenn das Verhältniß des einfallenden und zurückgeworfenen Lichts an der Vorderfläche $1 : q$, und das an der Hinterfläche einfallenden und zurückgeworfenen $1 : p$ iſt. Es iſt nämlich die Menge des unmittelbar zurückgehenden und des nach allen Zurückwerfungen von der Hinterfläche wieder durch die Vorderfläche ausfahrenden Lichts, $M = \frac{q + p}{1 + p}$, und des durchgehenden $N = \frac{1 - q}{1 + p}$, deren Summe $= 1$ die Menge des einfallenden Lichts iſt. Ferner berechnet er, unter derſelben Vorausſetzung, die Menge des von mehreren hinter einander geſtellten Glastafeln zurückgeworfenen Lichts bey demſelben Einfallswinkel auf die erſte derſelben, und findet, noch immer in unbeſtimmten Ausdrücken, wie bey einem einzigen Glaſe das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Lichts beſchaffen iſt, wenn bey demſelben Einfallswinkel mehrere hinter einander

ander geſtellte Gläſer das zurückgeworfene Licht dem einfallenden gleich machen. Er ſucht auch die Grenzen, zwiſchen welche p und q unabhängig von den Verſuchen fallen müſſen, nach einer ſonſt eben nicht gebrauchten Methode, außer daß Newton ſich eines ähnlichen Verfahrens bey Beſtimmung der Grenzen für die Oerter eines Kometen bedient hat. Das Mittel dieſer Grenzen ſieht er als den Werth an, welcher von dem wahren nicht viel verſchieden ſeyn wird. Was ſeine Verſuche betrifft, ſo ſind ſie dieſe. Auf einer gewiſſen Tafel zog er einen ſchwarzen Strich von 1 Linie Breite, ſtellte darüber eine Glastafel, und ſuchte den Ort ſeines Auges, wo ihm das durch die Zurückwerfung geſehene Bild des einen Theils des Strichs gleich aſchfarbigt mit dem durch die Brechung geſehenen ſchien. Er fand, daß alsdenn der Neigungswinkel der einfallenden Strahlen 14½ Grad betrug. Dieſen Verſuch ſtellte er mit mehreren hinter einander geſtellten Glastafeln an, und fand die Neigungswinkel folgender Maaßen:

Gläſer	Neigungswinkel	Gläſer	Neigungswinkel
1	14½ Grad	6	39 Grad
2	22	7	43
3	27	8	47
4	31	9	50½
5	35		

Aus den vorher angeſtellten Rechnungen folgte, daß, bey völlig durchſichtigen Gläſern, das von dem erſten dieſer Gläſer, ohne die übrigen, zurückgeworfene Licht nach der Folge der Winkel, $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{3}$, $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{5}$, $\frac{1}{6}$ u. ſ. w. des einfallenden iſt, z. B. unter dem Neigungswinkel 27 Grad, $\frac{1}{4}$ des auffallenden, daher das gebrochene und durchgegangene die übrigen $\frac{3}{4}$ ausmacht.

Man

Man wird aber nun fragen, ob nicht die eben angeführten Winkel ziemlich anders würden ausgefallen ſeyn, wenn völlig durchſichtige Gläſer hätten genommen werden können? Allein Lambert zeigt aus noch andern Verſuchen und der darüber angeſtellten Rechnung, daß der Unterſchied der Winkel in beyden Fällen ſo klein ſeyn müſſe, daß er gegen die Fehler, welchen die Verſuche ſelbſt unterworfen ſind, nicht zu rechnen iſt, und daß die Winkel ſelbſt mit den durchſichtigſten Gläſern nicht genauer hätten beſtimmt werden können. Der Verluſt des Lichts wegen der Undurchſichtigkeit verändert das Verhältniß M : N, worauf es hier eigentlich ankommt, nicht merklich, wenn gleich die Größen M und N ſelbſt ſehr dadurch leiden. Er verbeſſert die Winkel auch durch eine graphiſche Operation, wodurch er die kleinen Anomalien in der Fortſchreitung dieſer Winkel wegnimmt. Dieſe ſind aber bey den meiſten unbeträchtlich; nur bey dem letzten, der nothwendig größer ſeyn mußte, beträgt die Verbeſſerung ſo viel als 11 Minuten. Nun iſt aber noch das ſchwerſte zurück, nämlich zu beſtimmen, wie die Größen p und q von den Einfallswinkeln abhängen. Hier iſt alle Theorie vom Lichte ſo unzulänglich, wie nur irgend eine, und Lambert konnte nichts weiter thun, als die ſeinige nach den Erfahrungen einzurichten, ohne ſie a priori beweiſen zu können. Sie enthält folgende Stücke. Das Licht wird durch die Brechung nicht plötzlich von ſeinem Wege abgelenkt, ſondern es wird allmählig gekrümmt, bis es die Richtung erhält, mit welcher es in dem zweyten Mittel fortgeht. Man muß ſich demnach auf beyden Seiten der brechenden Fläche einen Raum vorſtellen, der von den parallelen Flächen (fig. 59.) CL, AB eingeſchloſſen iſt, zwiſchen welchen die Brechung und Zurück-

wer-

werfung geſchieht. Der Strahl EF beſchreibt innerhalb derſelben die krumme Linie FMA, und geht darauf in A nach der Richtung AI, der Tangente in A, fort. Man nehme eine unendlich dünne Schicht dieſes Raums, MQqm, nach den mit AB parallelen MQ, mq, ziehe das Einfallsloth HF, und damit die Parallele Mμ, ſo wird zuerſt angenommen, daß in einer und derſelben Schicht MQqm das Verhältniß ſin. HFE : ſin. mMμ unveränderlich ſey, was auch der Winkel HFE ſeyn mag. Zweytens, wenn die Menge des in F auffallenden Lichts = 1, und die Menge des in M noch übrigen v iſt, ſo iſt der Verluſt, den man, wie eine Differenzialgröße, dv bezeichnen kann, proportional der Menge des Lichts v; der zurückwerfenden Kraft; dem Raume Mm; und umgekehrt dem ſin. Mmμ. So findet Lambert mit Hülfe der Integralrechnung folgende Reihe:

$$\log.\frac{1}{v} = \text{ſec.}\,\gamma^2\,(\alpha - \beta.\,\text{tang.}\,\gamma^2 + \delta.\,\text{tang}\,\gamma^4 - \&c.),$$

wo γ den Einfallswinkel HFE bezeichnet, und α, β, δ, ſolche Größen ſind, die von dem Winkel γ nicht abhangen. Von dieſer Reihe nimmt er nur das erſte Glied, und ſetzt alſo:

$$-\log.\,v = \alpha\,.\,\text{ſec.}\,\gamma^2 = -\log. - (1 - q).$$

Eine ähnliche Formel nimmt er auch für das von der Hinterfläche zurückgeworfene Licht an, wo das Verhältniß der Mengen des einfallenden und zurückgehenden 1 : p iſt, und ſetzt:

$$\alpha^1\,\text{ſec.}\,\gamma^2 = -\log.\,(1 - p)$$

Hier müſſen α^1 und α aus Erfahrungen beſtimmt werden. Dergleichen hat Lambert angeſtellt, aus welchen durch die Combination mit den oben beſchriebenen, und mit Zuziehung der vorher entworfenen Theo-

rie p und q nebſt γ bekannt wurden. So hatte er nunmehr die Größen α und α^1, und die Formeln werden demnach dieſe

$$\log. (1 - q) = - 0,0087241 . \sec. \gamma^2$$
$$\log. (1 - p) = - 0,0199966 . \sec. \gamma^2$$

Da nun aus den Verſuchen mit Glastafeln gefunden war, wie viel Licht unter den dabey vorkommenden Winkeln von einer einzigen Glastafel zurückgeworfen wird, ſo berechnet er für dieſe Winkel, deren Complemente zu 90 Graden in jenen Formeln γ heißen, die Größen q und p; und da die Menge des geſammten zurückgeworfenen Lichts, wenn 1 das auffallende iſt, durch die Formel $M = \frac{p + q}{1 + p}$ beſtimmt wird, ſo konnte er nun ſeine Theorie von der Menge des zurückgeworfenen Lichts mit der Erfahrung vergleichen. Folgende Tabelle enthält die Reſultate aller obigen Unterſuchungen.

Aus Beob. Neigungswinkel	Aus Rechnung q	Aus Rechnung p	Aus Rechnung M	Aus Beob. M	Unterſchied
14½	0,2741	0,5136	0,5205	0,5000	+ 0,0205
12	0,1333	0,2753	0,3204	0,3333	− 0,0130
27	0,0928	0,1968	0,2421	0,2500	− 0,0079
31	0,0729	0,1566	0,1985	0,2000	− 0,0015
35	0,0592	0,1238	0,1663	0,1667	− 0,0004
39	0,0494	0,1078	0,1428	0,1429	− 0,0001
43	0,0432	0,0925	0,1234	0,1250	− 0,0016
47	0,0368	0,0810	0,1091	0,1111	− 0,0020
50½	0,0332	0,0731	0,0991	0,1000	− 0,0009

Aus dieſer Tafel zog er darauf folgende für alle Neigungswinkel von 10 zu 10 Graden:

Nei-

Neigungs-winkel	q	p	M	N
10°	0,4862	0,7766	0,7108	0,2892
20	0,1578	0,3204	0,3622	0,6378
30	0,0772	0,1653	0,2070	0,7930
40	0,0474	0,1046	0,1376	0,8624
50	0,0337	0,0705	0,0973	0,9027
60	0,0264	0,0585	0,0802	0,9198
70	0,0225	0,0499	0,0690	0,9310
80	0,0203	0,0450	0,0624	0,9376
90	0,0199	0,0448	0,0619	0,9381

Es iſt merkwürdig, daß die Menge des zurückgeworfenen Lichts gegen das einfallende an der Hinterfläche des Glaſes weit größer iſt, als an der Vorderfläche. Dieſes ließen auch die Grenzen, welche für p und q nach der bloßen Theorie abgeſteckt waren, ſchon vorher ſehen. Bouguer fand auch, daß die innere Zurückwerfung ſtärker ſey, als die äußere; es iſt aber ſo gut wie nichts, was er von dem Verhältniſſe beyder herausbringt. Lambert hingegen hat dieſe Sache genau unterſucht. Allem Mißverſtändniſſe bey der Vergleichung dieſer und der Bouguer'ſchen Tafeln vorzubeugen, iſt zu bemerken, daß in den vorſtehenden Tafeln das Verhältniß M : N von dem zurückgeworfenen und gebrochenen Lichte nur zu verſtehen iſt, wenn man ſie auf die Brechung und Zurückwerfung, wie ſie wirklich in der Natur geſchieht, anwenden will. Denn alle Verſuche über die Helligkeit des Lichts gaben nur Verhältniſſe, und zwar der Gleichheit, zu erkennen. Wenn man alſo das zerſtreuete und verſchluckte Licht von dem einfallenden abzöge, und den Reſt durch 10000 bezeichnete, ſo würde man behaupten können, daß von dieſen 10000, wenn ſie z. E. ſenkrecht auffallen, 619 theils von der Vorderfläche,

theils von der Hinterfläche zurückgeworfen werden; daß von den übrigen 9801 die Hinterfläche 439, nämlich in dem Verhältniſſe von 1 zu 0,0448 zurückſendet, von welchen 439 die Vorderfläche in dem nämlichen Verhältniſſe 19 zurückwirft, und die übrigen 420 durchläßt, welche mit jenen 199 zuſammen 619 ausmachen. Die übrigen Zurückwerfungen von der Hinterfläche werden nämlich ganz unbeträchtlich. Denn daß der Verluſt des Lichts ſehr anſehnlich iſt, kann man aus dem folgenden abnehmen. Lambert berechnete das Verhältniß des zurückgeworfenen und durchgelaſſenen Lichts, wenn es ſenkrecht durch eine Anzahl paralleler Tafeln geht, allen Verluſt bey Seite geſetzt; wenn die Anzahl der Gläſer x heißt, ſo iſt das zurückgeworfene $= \frac{x}{15,1535 + x}$, worunter außer dem von der erſten Tafel unmittelbar zurückgeworfenen noch das mit zu verſtehen iſt, was ſie von dem Lichte, das die hintern zurückwerfen, durchgehen läßt. Es würden alſo 15 Glastafeln das durchgehende Licht noch nicht völlig auf die Hälfte des einfallenden bringen; und doch ſind in der That zwey mittelmäßig durchſichtige Gläſer dieſes zu thun im Stande.

Hierauf ſtellt Lambert Unterſuchungen über den Verluſt des Lichts in durchſichtigen Mitteln an. Er ließ auf eine weiße Fläche Licht durch eine Glastafel, und von einer andern Glastafel auf dieſelbe Stelle durch die Zurückwerfung fallen, ſo daß dieſe Stelle vom beyderſeitigen Lichte ſo helle ſchien, wie das übrige von dem gerade auffallenden. Mit Hülfe der vorigen Theorie berechnete er, wie viel die Erleuchtung betragen müßte; der Unterſchied von der wirklichen gab ihm den Verluſt an. Dieſen braucht er in einer

einer neuen Rechnung, die unbekannte Größe zu beſtimmen, und findet nun für ſenkrecht auffallendes Licht, das durch mehrere Gläſer geht, folgende Reſultate:

Gläſer	Zurückgeworf.	Gebrochenes	Verlohrnes
1	0,0516	0,811	0,1373
2	0,0856	0,6596	0,2548
3	0,1081	0,5368	0,3551
4	0,1228	0,4377	0,4495
8	0,1467	0,1945	0,6588
16	0,1527	0,0387	0,8089
32	0,1526	0,0016	0,8458

Von den ebenen Flächen geht Lambert zu den krummen über, und unterſucht die Stärke des durch ein oder mehrere Linſengläſer gebrochenen Lichts. Wenn die Oeffnung eines Linſenglaſes ſo klein gemacht wird, daß die Helligkeit des Bildes der Erleuchtung von dem gerade auffallenden Lichte gleich iſt, ſo verhält ſich das auf die Oeffnung des Glaſes fallende Licht zu dem durch das Glas wirklich gehenden, wie die Fläche der Oeffnung des Glaſes zu der Fläche des Bildes. Ein Verſuch, da er das Licht des Himmels durch ein Linſenglas gehen ließ, zeigte ihm, daß dieſes Glas etwa den ſechſten Theil des Lichts zurückwarf und zerſtreuete. Faſt eben dieſes fand er aus andern Sätzen ſeiner Theorie, die ſich alſo ſehr wohl beſtärkte. Von der Erleuchtung durch Linſengläſer, die in der übrigen Optik ſehr nützlich angewendet werden kann, findet man ſchon vieles in Smith's und Käſtner's Optik, und in Euler's Abhandlungen in den Petersburger und Berliner Sammlungen, wiewohl ſie das zurückgeworfene und zerſtreuete Licht nicht mit in Betrachtung gezogen haben, worauf aber Lambert ſeine Unterſu-

 chun-

chungen erweitert, und auch die Helligkeit durch mehrere Gläſer berechnet.

Der dritte Theil enthält die Berechnungen des von den undurchſichtigen Körpern, beſonders von Spiegeln zurückgeworfenen Lichts. Von dem auf ſolche Körper fallenden Lichte wird nur ein Theil ſo zurückgeſandt, als wenn ſie eine völlig glatte Oberfläche hätten; ein Theil wird wegen der Ungleichheiten nach allen Seiten hin zerſtreuet; ein Theil, der in die Blättchen an der Oberfläche des Körpers dringt, geht in den Körper ſelbſt verloren. Nach den theoretiſchen Unterſuchungen erzählt Lambert ſeine Verſuche, worin er noch mehr in's Detail geht, wie Bouguer. Er erleuchtete durch eine Lichtflamme eine weiße Wand ſenkrecht, beſchattete einen Theil derſelben, und ließ auf dieſen Theil das Licht von 4 mit Queckſilber foliirten Spiegeln fallen, ſo daß der beſchattete Theil ſo helle von den Spiegeln ausſahe, wie der von dem Lichte unmittelbar erleuchtete. Das Licht fiel auf die Spiegel, und von da auf die Wand faſt ſenkrecht. Er fand, daß von 10000 auffallenden Strahlen 4648 verloren gingen, und nur 5352 zurückgeworfen wurden. Dabey fand er, daß das Queckſilber $\frac{1}{3}$ des ſenkrecht einfallenden verſchluckt, wiewohl es etwas mehr zurückſenden mag, wenn die Strahlen unmittelbar aus der Luft darauf fallen. Ferner vergleicht Lambert die Helligkeit des erleuchtenden und des erleuchteten undurchſichtigen Körpers, deſſen Oberfläche rauh iſt, und beſtärkt zuerſt den Anfangs feſtgeſetzten Satz, daß die direkte Erleuchtung wie der Sinus des Emanationswinkels abnimmt, durch einen Verſuch: da er nämlich die Bilder von zwey gleichmäßig erleuchteten, aber gegen die Axe eines Linſenglaſes ungleich geſtell-

ten

ten Flächen, in gleichen Entfernungen von der Axe, gleich helle ſand. Ein undurchſichtiger Körper kann in zweyerley Abſichten weiß genannt werden, einmahl, wenn er das auffallende Licht ſo zurückwirſt, daß die gefärbten Strahlen darin in der zur Weiße gehörigen Miſchung vorhanden ſind, es mag nun ſo viel von dem auffallenden ſeyn, als es wolle; zweytens, und dieß wäre der höchſte Grad der Weiße, wenn er alles auffallende weiße Licht wieder zurückſendet, dergleichen es aber wohl nicht giebt. Man kann aber dieſe Weiße zur Einheit brauchen, um die wirkliche Weiße in dieſem Verſtande dadurch auszudrucken. Hier giebt Lambert einen ſehr merkwürdigen Lehrſatz: Wenn nämlich die Ebene (fig. 60.) G von einer Lichtflamme L ſenkrecht erleuchtet wird, und vermittelſt eines Linſenglaſes AB das Bild derſelben F auf der Ebene DF in einer ſolchen Entfernung aufgefangen wird, daß die Helligkeit in der Mitte des Bildes F der Helligkeit eben der Ebene in D von dem gerade auffallenden Lichte gleich iſt, ſo erhält man die Weiße der Ebene G, wenn das Produkt aus dem Quadrate der Entfernung LG und dem Quadrate der Sekante des Winkels AGC durch das Produkt aus der Undurchſichtigkeit des Linſenglaſes, dem Quadrate der Entfernung LD und dem Produkte der Tangente des Winkels AFC dividirt wird. Weiße bedeutet hier die Menge der zurückgeworfenen Lichtſtrahlen, die Menge der einfallenden durch 1 ausgedruckt; Undurchſichtigkeit die Menge der durch die Linſe wirklich nach F zuſammenkommenden Strahlen, wenn die Menge der auf die Linſe fallenden 1 heißt. Dieſes muß durch die Erfahrung vorher ausgemacht werden. So fand er mittelſt des obengedachten Linſenglaſes, daß die Weiße eines Buchs Papier von der weißeſten Gattung nur

 0,4102,

0,4102, oder $\frac{2}{5}$ iſt. Ein einzelner Bogen hatte nur eine Weiße von etwa $\frac{2}{13}$. Er beſtrich ganz weißes Regalpapier mit Cremſer Weiß, und fand die Weiße deſſelben nicht viel größer als vorher, nämlich 0,4230. Auch nahm er zwey mit Mennige beſtrichene Bogen, ſtellte einen in G, den andern in F, und verfuhr wie vorher. Hier fand er den Bruch 0,2932, welcher die Menge der rothen zurückgeworfenen Strahlen anzeigt, die Menge der einfallenden Rothen 1 geſetzt. Statt der Mennige nahm er Kreuzbeerenſaft, auch Grünſpan, und fand für jene Farbe den Bruch 0,2620, für dieſe 0,1149.

In dem vierten Theile handelt Lambert die Lehre von der ſcheinbaren Helligkeit ab, beſonders wenn das Auge ſich der Fernröhre bedient. Hievon finden ſich ſchon ſchätzbare Unterſuchungen in der Smithiſch-Käſtnerſchen Optik.

In dem fünften Theile redet Lambert von der Zerſtreuung des Lichts, und insbeſondere beym Durchgange durch die Atmoſphäre. Hiebey geht er ſehr von Bouguer ab. Dieſer fand, daß die Dichtigkeit des ſenkrecht auf die Atmoſphäre fallenden Lichts, wenn es die Erdfläche erreicht, 0,8123 iſt, die Dichtigkeit des auffallenden Lichts außerhalb der Atmoſphäre = 1 genommen. Lambert hat zu Chur, im Graubündner Lande, wo das Barometer 26 Par. Zoll hoch ſteht, die Verminderung des Lichts weit ſtärker gefunden. Seine Verſuche ſelbſt beſchreibt er nicht; er führt aber an, er habe gefunden, das Licht werde, wenn es ſenkrecht durch die Atmoſphäre geht, in dem Verhältniſſe 100 : 59 geſchwächt. Hieraus und aus ſeinen Rechnungen giebt er folgende Tabelle:

Höhe

Höhe des Geſtirns	Schwächung des Lichts, v.	Höhe des Geſtirns	Schwächung des Lichts, v.
90°	0,5889	40	0,4387
80	0,5841	30	0,3467
70	0,5692	20	0,2126
60	0,5425	10	0,0476
50	0,5009	Licht außer der Atmoſphäre	1,0000

Die Rechnung des Herrn Lambert iſt viel leichter, als Bouguer's. Er beweißt, daß der Logarithme der Schwächung des Lichts ſich wie die Summe aller Hinderniſſe verhält, ohne daß es dabey auf die Krümmung des Weges, und die Art der Vertheilung der Hinderniſſe ankommt, daher man die Atmoſphäre ſo viel niedriger machen kann, als wenn ſie gleichförmig dicht wäre. In dieſer Vorausſetzung berechnet er den Logarithmen der Schwächung des Lichts durch eine Reihe, deren Coefficienten durch die Erfahrung, nämlich durch die Vergleichung des Sonnenlichts in verſchiedenen Höhen, gefunden werden. Das erſte Glied dieſer Reihe iſt bey Höhen, welche nur über 10 Grad betragen, ſchon hinreichend. Es ſey y die Entfernung vom Zenith, v die Schwächung, oder die noch übrige Dichtigkeit des Lichts, nachdem es durch die Atmoſphäre gegangen, ſo iſt $\log. \frac{1}{v} = 0,23 . \sec. y$. Nach Bouguer's Erfahrungen wären $\log. \frac{1}{v} = 0,089 . \sec. y$.

Ferner unterſucht Lambert auch die Helligkeit durchſichtiger Mittel, beſonders der Atmoſphäre, von dem darin zerſtreueten Lichte. Die größte Helligkeit

 der

der Luft iſt theils im Horizonte, theils in der Gegend der Sonne ſelbſt. Er geht hier viel weiter, als Bouguer, und giebt ſehr geſchmeidige Formeln, die Helligkeit der Luft für jede Stelle des Himmels und der Sonne zu berechnen. Die Reſultate derſelben ſind in dieſer Tafel enthalten:

Höhe der Sonne	Helligkeit im Horizonte	Helligkeit neben der Sonne	Helligkeit im Scheitel
90°	0,6310	0,2906	0,2906
80	0,6265	0,2923	0,2897
70	0,6126	0,3002	0,2864
60	0,5876	0,3123	0,2805
50	0,5482	0,3248	0,2710
40	0,4885	0,3500	0,2562
30	0,3972	0,3666	0,2338
20	0,2602	0,3503	0,1927
10	0,0705	0,1870	0,1178

Die Einheit zu dieſen Zahlen iſt die Helligkeit einer von der Sonne beſchienenen, außerhalb der Atmoſphäre befindlichen Partikel, die man außerhalb derſelben ſieht. Für eine jede Stelle des Himmels die Helligkeit der Luft zu erhalten, muß man aus der zweyten Columne den Unterſchied der Horizontalhelligkeiten nehmen, welche neben der Sonnenhöhe und der gegebenen Stelle ſtehen, dieſe mit der Coſecante der Höhe der gegebenen Stelle multipliciren, und mit dem Unterſchiede der Coſecanten der Höhe der Sonne um dieſer Stelle dividiren. Bey dieſer Berechnung ſind freylich noch einige Umſtände, die in der Natur eintreten, aus der Acht gelaſſen, weßwegen die Stellen neben der Sonne heller, als nach der Tafel, ausfallen werden; gleichwohl mag die Berechnung für die Luftperſpektive von großem Nutzen ſeyn. Auch be-

rechnet Lambert eine Tafel, worin für verſchiedene Höhen der Sonne die Helligkeit einer horizontalen Ebene, die entweder von der Sonne allein, oder von dem heitern Himmel allein erleuchtet wird, angegeben iſt.

Der ſechſte Theil handelt von der Erleuchtung unſers Sonnenſyſtems. Hieran haben ſchon vor Lambert mehrere gearbeitet, als Thümmig [s]), Smith [t]), Kies [u]), Euler [x]) und Bouguer [y]). Thümmig betrachtet bloß die Dichtigkeit des ſenkrecht auf die Hauptplaneten fallenden Sonnenlichts, welches er nach dem verkehrten Verhältniſſe der Quadrate der Entfernungen berechnet, ſo daß ſeine Rechnung unrichtig iſt, wenn alle Planeten einerley Weiße haben. Kies unterſucht die Fälle, in welchen der Glanz der Venus am ſtärkſten iſt, nimmt aber auf den Unterſchied der Erleuchtung und der geſehenen Klarheit keine Rückſicht. Bouguer beſtimmt durch Verſuche das Verhältniß zwiſchen der Helligkeit der Sonne und derjenigen des Mondes wie 300000 zu 1. Smith ſucht es durch Schlüſſe auf zweyerley Art, und findet es 90900 zu 1, wenn der Mond völlig weiß iſt, oder alle auffallende Strahlen zurückwirft. Das Licht der Mondsbrüche läßt er in gleichem Verhältniſſe mit der Breite des Bruchs abnehmen. Euler ſetzt das Verhältniß wie 374000 zu 1, macht aber, wie Smith, keinen Unterſchied zwiſchen der geſehenen Klarheit und der Erleuchtung, und zieht den Emanationswinkel nicht in Betrachtung.

Lam-

s) Diſſert. de propagatione luminis, per ſyſtema Planetarium. Halae 1721.
t) Lehrbegriff der Optik, durch Käſtner. S. 382. f.
u) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1750. p. 218.
x) Ibid. p. 280.
y) Traité d'optique p. 85.

Lambert hingegen ſucht dieſen Gegenſtand genauer zu entwickeln, und macht mit der Unterſuchung des Mondenlichts den Anfang. Vorausgeſetzt, daß der Mond den vierten Theil des auffallenden Lichts zurückwirft, oder daß ſeine Weiße $\frac{1}{4}$ iſt, ſo iſt die Sonne 277000 mal heller, als der Mond. Dieſes weicht von der Bouguer'ſchen Beſtimmung nicht viel ab, kommt auch von einer andern Seite mit der Smith'ſchen überein, welcher die Helligkeit des Mondes der Helligkeit des heitern Himmels gleich hält, die Lambert genau auch 277000 mal ſo klein findet, als die Klarheit der Sonne. Indeſſen ſcheint dieſe Helligkeit Lambert'en zu groß. Denn das weißeſte Bleyweiß hat nur eine Weiße, die $\frac{2}{5}$ iſt. Er läßt alſo dieſen Punkt unausgemacht, berechnet aber dagegen auf eine neue Art die geſehene Klarheit des Mondes nach allen ſeinen Geſtalten. Zur Einheit nimmt er die Helligkeit derjenigen Theile an, die mitten auf dem Monde liegen, wenn ſie ſenkrecht, wie in dem Vollmonde erleuchtet werden, und zwar, da ſie nicht immer gleich iſt, nach einem Mittel.

Entfernung des Mondes von der Sonne	Mittlere Klarheit d. Mondsgeſtalt	Entfern. des Mondes von der Sonne	Mittlere Klarheit d. Mondsgeſtalt
0°	0,0000	90°	0,4244
10	0,0494	100	0,4657
20	0,0986	110	0,5048
30	0,1475	120	0,5413
40	0,1959	130	0,5747
50	0,2437	140	0,6043
60	0,2907	150	0,6294
70	0,3366	167	0,6490
80	0,3814	178	0,6619
90	0,4244	180	0,6666

Auch

Auch giebt Lambert eine Berechnung der Erleuchtung einer Ebene von dem Monde außerhalb der Atmoſphäre, auf welche Art auch die Klarheit dieſer Tafel zu nehmen iſt. Darauf unterſucht er, wie ſehr der Mond durch das von der Erde zurückgeworfene Licht, welches man an dem Neumonde deutlich wahrnimmt, erleuchtet werde. Die Weiße der Erde rührt nicht ſowohl von ihrer Oberfläche, als von ihrer Atmoſphäre, her. Das Waſſer wirft wenig Licht zurück, das feſte Land auch nicht viel, außer was mit Schnee bedeckt iſt. Hingegen verhält ſich die Helligkeit der Atmoſphäre zu der Helligkeit des Bleyweißes, bey einer Sonnenhöhe von 60 Grad und bey ſenkrecht auffallendem Lichte, wie 2 zu 5. Da nun die Weiße des Bleyweißes 0,4 iſt, und die Sonnenſtrahlen bey einer Höhe von 60° in dem Verhältniſſe 5 : 3 geſchwächt werden, ſo iſt die Helligkeit einer vollkommen weißen Ebene zu der mittleren Helligkeit der Atmoſphäre wie $(\frac{5}{3} \cdot \frac{5}{2}) : \frac{2}{5} = 125 : 12 = 10\frac{1}{2} : 1$. Würde alſo weiter kein Licht von der Erde auf den Mond zurückgeworfen, ſo wäre die Weiße der Erde $\frac{1}{10}$. Wird dieſe noch durch das Licht von dem Körper der Erde um $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ vermehrt, ſo wird die Weiße der Erde $\frac{1}{7}$ oder $\frac{1}{8}$. Größer mag auch die Weiße des Mondes ſchwerlich ſeyn, obgleich Bouguer's Verſuch ſie größer zu machen ſcheint.

Von dem Monde geht Lambert zu den Planeten über, deren Helligkeit zu meſſen er die Helligkeit des Mittels der erleuchteten Erdfläche zur Einheit annimmt, und dieſe Helligkeiten umgekehrt den Quadraten der Entfernungen von der Sonne proportional macht.

Planeten	Centralhelligkeit in der Oppoſition		
	größte	mittlere	kleinſte
Jupiter	0,0120	0,0 10	0 0099
Saturn	0,0408	0,0370	0 0334
Mars	0,5234	0,4307	0,3608
Erde	1,0134	1,0000	0,9672
Venus	1,9396	1,9113	1 8856
Merkur	10,5760	6,6735	4,5560

Die Zahlen dieſer Tafel braucht man nur durch die Zahlen für die Mondsgeſtalten zu multipliciren, um die mittlere Helligkeit jeder Phaſe zu erhalten. Man muß wiſſen, daß die Helligkeit der ganzen erleuchteten Scheibe allemal $\frac{2}{3}$ der Centralhelligkeit iſt. Die obern Planeten zeigen nicht alle Phaſen, wie die untern, und verändern ſich daher in der Helligkeit wenig; denn bey einerley Entfernung des Planeten von der Sonne iſt das Verhältniß zwiſchen der Helligkeit der völlig erleuchteten und der am meiſten verminderten Scheibe für

Saturn — 1:0,998
Jupiter — 1:0,990
Mars — 1:0,862

Von dieſer Erleuchtung iſt die Helligkeit der Planeten, in ſo fern ſie ins Auge fällt, noch verſchieden, als welche ſich wie die Menge des Lichts, das ins Auge kommt, dividirt durch die Oeffnung des Bildes auf der Netzhaut verhält. Dieſe verhält ſich demnach umgekehrt wie das Quadrat der Entfernung von der Sonne, direkt wie das Quadrat des Sinus des ſcheinbaren Durchmeſſers des Planeten von der Erde geſehen; und muß dabey im Verhältniſſe der Centralhelligkeit des Planeten, wenn er in der Oppoſition iſt, zu der mittleren Helligkeit ſeiner Phaſe, wie auch im Verhältniſſe

der

der ſcheinbaren ganzen Scheibe zu der ſcheinbaren Grö- ße der Phaſe vermindert werden; wobey es endlich noch auf die Weiße des Planeten ankommt. Setzt man die Weiße bey allen gleich, ſo verhält ſich die Erleuch- tung bey den obern Planeten in der Oppoſition, und bey den untern in der Dichotomie folgender Maaßen

Saturn	— —	1
Jupiter	— —	22
Mars	— —	108
Venus	— —	307
Merkur	— —	97

Dieſe Verhältnißzahlen müſſen noch durch die Größe des Bildes jedes Planeten auf der Netzhaut dividirt werden, um die wahre Helligkeit mit bloßen Augen zu erhalten. Dieſes Bild iſt größer, als es mathematiſch ſeyn müßte, nicht allein wegen der kleinen Ausbreitung der Lichtkegel auf der Netzhaut, ſondern auch, weil die nächſt dem Bilde gelegenen Fibern mit gereizt wer- den, und das Bild nicht ruhig an einer Stelle bleibt, weßwegen die Stellen, auf welchen es herumirrt, den Ein- druck eine kurze Zeit behalten, und das Bild vergrößern. Dieſes ſo vergrößerte Bild nennt Lambert imaginem ſenſibilem. Es iſt für jeden Planeten ein anderes, und daher werden die Helligkeiten ſich der Gleichheit mehr nähern, als die angeführten Zahlen. Den Be- ſchluß dieſes Theils machen Unterſuchungen über das Licht der Fixſterne und Muthmaßungen über ihre Ent- fernungen.

Der letzte Theil enthält Berechnungen und Ver- ſuche über die Stärke des gefärbten Lichts und des Schattens. Der Unterſchied verſchiedentlich gefärbter Strahlen, in Abſicht auf die Helligkeit, iſt ſo ge- ring, daß man aus demſelben die ſo verſchiedene Be-

ſchaffenheit der Farben, die den Augen ſo ſichtbar iſt, ſchwerlich herleiten kann. Es kömmt die Helligkeit theils auf die Stärke jeder Gattung von Strahlen, theils auf ihre Dichtigkeit an. Ueber dieſen ſehr ſchweren Gegenſtand hat Lambert verſchiedene Verſuche, und einen Entwurf zu einer Berechnung mitgetheilt, welche darüber einiges Licht geben.

Beugung des Lichts.

Nach Maraldi haben ſich Mehrere mit der Beugung des Lichts beſchäftigt, und ſie verſchiedentlich zu erklären geſucht. Der Herr von Mairan begnügte ſich bloß damit, die bereits bekannten Erſcheinungen zu erklären, ohne neue hinzuzufügen. Er nahm nämlich an, daß um alle Körper Atmoſphären ſich bilden, wodurch zwey Zurückwerfungen und zwey Brechungen entſtehen, eine an der Oberfläche der Atmoſphäre, die andere an dem Körper ſelbſt. Die Dichtigkeit und die brechende Kraft der Atmoſphäre hielt er für veränderlich, wie man ſie an der Luft wahrnimmt.

Auch du Tour [z]) nahm eine ſolche Atmoſphäre an, hielt aber nicht für nöthig, ſie ungleich dicht zu machen. Ihre brechende Kraft ſollte geringer, als die der Luft ſeyn. Uebrigens ſtellte er Verſuche unter mancherley Abänderungen an, welche angeführt zu werden verdienen.

Sonſt hatte man an dem gebogenen Lichte nur drey farbige Säume bemerkt; allein du Tour bemerkte zufällig weit mehr, und erdachte folgende ſinnreiche Methode, ſie alle deutlich darzuſtellen. Er nahm ein kreisrundes Bret (fig. 61.) ABCD, 13 Zoll im Durchmeſſer, welches ſchwarz beſtrichen war, außer

z) Mémoir. préſentés. Vol. V. p. 636.

außer am Rande, wo ein Ring von weißem Papier ſich befand, der von A auf jeder Seite nach E hin in 180 Grade eingetheilt war. Um das Bret war ein Streifen Pergament, wie ein Reif, befeſtigt, mit einem viereckten, 4 oder 5 Linien breiten Loche bey E, um einen Sonnenſtrahl hindurch fallen zu laſſen. In dem Mittelpunkte wurde ſenkrecht auf das Bret eine Nadel, etwa $\frac{1}{3}$ Linie dick, geſteckt. Der Lichtſtrahl ward durch einen ſenkrechten Einſchnitt, $2\frac{1}{2}$ Linien lang, und etwa ſo weit, als die Nadel dick war, ins Zimmer gelaſſen, gieng durch das Loch bey E parallel mit der Fläche des Brets, und warf das Bild der Sonne nebſt dem Schatten der Nadel, bey A auf den pergamentnen Reif.

Seine hiebey gemachten Beobachtungen ſind dieſe: 1. rings auf der ganzen vertieften Oberfläche des Reifs zeigten ſich viele farbige Streifen, aber der Raum m A n, etwa 18 Grad groß, in deſſen Mitte das Bild der Sonne lag, war bloß mit einem ſchwachen Licht erfüllt; 2. die Ordnung der Farben an dieſen Streifen war meiſtentheils ſo, daß die brechbarſten Strahlen dem einfallenden ECA am nächſten lagen; oder daß, von A angerechnet, das Violet in den Streifen den Anfang, und Roth den Beſchluß machte, einige ausgenommen, in welchen dieſe Folge verkehrt war. 3. Der Schatten der Nadel war mit zwey Lichtſtreifen begrenzt; 4. die farbigen Streifen waren an einigen Stellen des Reifs ſchmäler, als an andern, und wurden überhaupt ſchmäler, je weiter ſie von A ablagen; 5. zwiſchen dieſen farbigen Streifen befanden ſich bisweilen einige weiße, eine oder $1\frac{1}{2}$ Linie breit, die allemal auf beyden Seiten von einem orangefarbigen Striche begrenzt waren, wenigſtens

dann, wenn das Sonnenlicht ſtark genug und das Zimmer hinlänglich dunkel war.

Aus dieſem Verſuche, glaubt er, erhelle klar, daß die Strahlen, welche bey der Nadel vorbeygehen, nicht die einzigen ſind, die ſich in Farben zertheilen, weil auch die zurückgeworfenen in Farben zerſpaltet werden, und daher eine Brechung erlitten haben müſſen. Auch iſt er der Meynung, daß die vorbeyfahrenden eine Zurückwerfung leiden, und daß alſo alle Strahlen gleichmäßige Veränderungen erfahren. Deßwegen nimmt er eine kleine Atmoſphäre von gleichförmiger Dichtigkeit und geringer brechender Kraft, als die Luft, an. Die farbigen Streifen nächſt dem Schatten der Nadel werden, wie er glaubt, von denjenigen Strahlen hervorgebracht, die zwar in die kleine Atmoſphäre des Körpers kommen, aber auf die Nadel nicht fallen; und daher, ohne Zurückwerfung, nur beym Eingange und Ausgange gebrochen werden. Er zeigt, daß ſolchergeſtalt die farbigen Streifen nach dem Schatten hin breiter, und weiter von demſelben ſchmäler werden müſſen; denn diejenigen, welche hievon eine Ausnahme machten, veränderten durchs Umdrehen der Nadel ihre Stelle, zum Beweiſe, daß dieſe Abweichungen von gewiſſen zufälligen Umſtänden an der Oberfläche der Nadel herrühren mußten. Dergleichen Umſtänden ſchreibt er auch die lichten Striche zwiſchen den gefärbten zu, weil ſie bey Umdrehung der Nadel ihre Stellen veränderten.

Du Tour bemerkt, daß ſeine Hypotheſe mit einer Newton'ſchen Wahrnehmung nicht übereinſtimme, nach welcher die an dem Körper zunächſt vorbeyfahrenden Strahlen am meiſten gebogen werden; er glaubt aber, daß Newton's Beobach-

tung

tung unrichtig ſeyn möge, beſonders da er ſelbſt ſagt: es ſey ihm ſo vorgekommen, und es folglich nicht zuverläſſig behauptet.

Als er in einen Lichtſtrahl zwey Stücke Papier dergeſtalt hielt, daß ein Theil des Strahls zwiſchen ihre Ebenen durchgieng, nahm er an dem Rande des durchgegangenen Lichts, das er auf einem Papiere auffieng, zwey orangefarbige Streifen wahr, deren Newton in ſeinen Verſuchen nicht erwähnt. Er erklärt dieß daher, daß die brechbarſten Strahlen beym Eintritte in die Atmoſphäre des Papiers ſo gebrochen werden, daß ſie neben dem Rande deſſelben vorbeygehen, dagegen die am wenigſten brechbaren auf den Rand fallen, und von da zur Seite über jene brechbarſten Strahlen hinaus zurückgeworfen werden. Auf eben dieſe Art erklärt er auch die orangefarbigen Säume an den lichten Strichen in dem obigen Verſuche mit dem pergamentnen Reiſe.

Zur Erklärung einer andern Beobachtung, welche mit einer von Newton gemachten übereinſtimmt, daß nämlich das an der Ecke eines Körpers vorbeygehende Licht in zwey Ströme getheilt wird, nimmt er an, daß ein Theil des Lichts von der Ecke ſelbſt, der andere von der inwendigen Fläche der Atmoſphäre deſſelben zurückgeworfen wird, daher ſich die Strahlen einander kreuzen müſſen, wie es in fig. 62. abgebildet iſt. Er fand auch, wie er außerhalb ſeines verfinſterten Zimmers Körper hinſtellte, daß die Strahlen pc, pd an der Seite ap des einfallenden Lichts, ſo wie die Strahlen rf, rg von der Seite br deſſelben herkamen.

Endlich bemerkte er auch noch, daß, wenn er durch ein Stück Papier die Oeffnung in den Fenſterladen

laden ſehr ſchmal machte, das Bild der Sonne von dem durchfallenden Lichte ſich ſehr in die Länge ausdehnte, und zuerſt von einen orangefarbigen Streifen, darauf von bunten Streifen, wie ſie ſich ſonſt zu zeigen pflegen, und endlich von einem ſchwachen Lichtſcheine begränzt war, der immer ſchwächer ward, je weiter er ſich von dem Bilde entfernte. Dieſe Erſcheinung erklärt er daher, daß die Atmoſphären des Papiers und des Holzes, wenn ſie an einander rucken, zuſammengedruckt, und dadurch flacher werden, weßwegen die Strahlen, die alsdenn ſchiefer als vorher auffallen, von ihrem Wege mehr abgelenkt werden, als es ſonſt geſchehen ſeyn würde.

Auch le Cat [a]) hat ſich mit der Beugung des Lichts beſchäftigt, und einige artige Phänomene mitgetheilt. Er betrachtete einmal einen entfernten Thurm, und zugleich einen Drath, der nicht ſo dick, als der Durchmeſſer der Pupille war, in einer kleinen Entfernung vom Auge. Hier fand er, daß, ſo oft der Drath, welchen er zwiſchen dem Auge und dem Gegenſtande hin und her bewegte, vor die Pupille kam, der Thurm ſeine Stelle zu verändern ſchien, und daß einige Hügel jenſeits des Thurms eben ſo ſich zu bewegen ſchienen, nicht anders, als wenn er ein Linſenglas zwiſchen ſeinem Auge und ihnen hin und her geführt hätte. Bey näherer Unterſuchung dieſer Sache fand er, daß es eine gewiſſe Entfernung des Draths vom Auge gab, die aber ſchwer zu behalten war, bey welcher der Thurm keine Bewegung zu haben ſchien, wenn er den Drath vor ſein Auge vorbeyführte, und in dieſem Falle ſchien der Thurm weniger deutlich und dabey vergrößert. Weil dieſe Umſtände eben ſo wie bey einem Linſenglas

a) Traité des ſens. à Rouen. 1742. 8. p. 299 ſqq.

gläſe ſind, ſo gab er insbeſondere Acht auf ſie, und ſtellte ſein Auge in Abſicht auf den Thurm ſo, daß die Lichtſtrahlen, welche von ihm ins Auge kamen, ſehr nahe an dem Rande eines Fenſters, an welches er ſich bey dieſer Beobachtung geſtellt hatte, vorbeygehen mußten. Als er den Drath noch einmal vor ſein Auge vorbeyführte, bemerkte er, daß, wenn er in der Sehaxe war, der Thurm dem Fenſter näher ſchien, von welcher Seite er auch den Drath hergeführt hatte. Er wiederholte den Verſuch immer mit demſelben Erfolge: daß der Thurm vergrößert und doppelt ſo groß ſchien.

Dieß Phänomen erklärt le Cat aus der Beugung des Lichts auf folgende Art: In der fig. 63. ſtellt b das Auge, a den Thurm und c den Durchſchnitt des Draths vor. Die ausgezogenen Linien bedeuten die Lichtſtrahlen, durch welche das Bild des Thurmes ohne den Drath im Auge entworfen wird, welches viel kleiner als der Durchmeſſer des Draths iſt; die punktirten Linien aber ſchließen nicht allein den Lichtkegel ein, der durch den Drath aufgefangen wird, ſondern auch die entfernten Strahlen, die von dem Drathe gebogen, und mehr convergirend ins Auge geſchickt werden, eben ſo, als wenn eine Linſe zwiſchen dem Auge und dem Gegenſtande gehalten würde.

Dieſe Wahrnehmung von der Beugung des Lichts leitete ihn auf die Entdeckung verſchiedener anderer von eben dieſer Urſache abhangender Erſcheinungen. So vergrößerte er kleine Dinge, z. B. einen Nadelknopf, wenn er ſie durch ein kleines in ein Kartenblatt geſtochenes Loch betrachtete, und die Strahlen von dieſen Gegenſtänden ſo nahe an dem Umfange des Lochs vorbeygiengen, daß ſie davon angezogen wurden. Desgleichen bemerkte er auch, wenn er ſeinen Finger nahe

an den Lichtkegel brachte, der in ſein Auge von einem Gegenſtande fiel, welcher ſich von den umliegenden ſo wohl unterſchied, wie eine glühende Kohle mitten in der Aſche, oder wie eine todte Kohle mitten im Feuer, daß alsdenn der Gegenſtand nach ſeinem Finger hin ſich auszuſtrecken ſchien, wenn dieſer hinzugeführt ward, und ihm bis auf eine gewiſſe Weite zu folgen, wenn er weggezogen ward. Derſelben Urſache ſchrieb er es auch zu, daß, wenn Wolken vor der Sonne vorübergehen, die Schatten der Körper ſich auf allerhand Art bewegen, und zu tanzen ſcheinen, wenn die Wolken an mehreren Stellen durchbrochen ſind, wie man dieß beſonders an dem Schatten des Fenſterbleyes wahrnehmen kann. Eben dieſer Beugung des Lichts ſchrieb er auch zum Theil die prismatiſchen Farben zu, welche er vermittelſt einer feinen, hart ans Auge gehaltenen Nadel erblickte, wenn er die Strahlen einer Lichtflamme ſchief darauf fallen ließ.

Auch führt Klügel [b]) einen Verſuch an, wo Beugung mit Brechung verbunden iſt. Man halte, ſagt er, ein Bret, worauf ein Paar Stecknadeln befeſtigt ſind, ſenkrecht in ein Gefäß mit Waſſer, dergeſtalt, daß die obere Nadel die Oberfläche des Waſſers berühre. Darauf bringe man das Auge mit dieſer Nadel und dem Bilde der untern in eine gerade Linie, ſo wird dieſes Bild geſpalten erſcheinen. Hält man das Auge etwas von dem Brete abwärts, ſo erſcheint das Bild, wie eine Gabel, deren Zacken weit feiner ſind, als der Stiel oder der ungeſpaltene Theil des Bildes. Wo die Zacken ſich krümmen und mit dem Stiel zuſammenlaufen, welches neben dem Kopfe der obern

b) Prieſtley's Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 398.

obern Nadel geſchieht, erſcheint ein feiner hellrother Strich auswärts. Bewegt man das Auge nach dem Brete hin, daß der Kopf der untern Nadel dem Kopfe der obern ſich nähert, ſo verliert ſich der Stiel der Gabel, und die beyden Zacken laufen oben in einen Halbkreis zuſammen, der Farben ſpielt. Sobald man die obere Nadel das Waſſer nicht berühren läßt, fallen alle dieſe Erſcheinungen weg, und das Bild wird, wie eine wirkliche Nadel, von der obern bedeckt.

Vergleichung der Stärke des Lichts.

Seit Newton's Zeiten ſind von den Naturforſchern mehrere ſinnreiche Methoden, die Lichtſtärke der verſchiedenen Körper zu vergleichen, erdacht, welche angeführt zu werden verdienen. Der Herr von Mairan c) führt eine Methode vom Prof. Celſius zu Stockholm an. Dieſer betrachtete nämlich ein Papier, auf welchem er drey kleine concentriſche Kreiſe gezeichnet hatte, in verſchiedenen Entfernungen, und maaß dabey jedesmal die Weiten einer Lichtkerze, welche das Papier erleuchten mußte, wenn er die Kreiſe deutlich ſah. Er fand, daß die Entfernungen der Kerze von dem Papiere ſich umgekehrt wie die vierten Potenzen der Entfernungen des Auges von dem Gegenſtande verhalten müßten; daß man alſo, um ein kleines Objekt in der zweyfachen Entfernung eben ſo deutlich zu ſehen, wie in der einfachen, es 256mal ſtärker erleuchten müßte. Allein Bouguer bemerkt dagegen, daß die Deutlichkeit des Sehens überhaupt nicht von der Stärke des Lichts abhängt. Wenn ein Gegenſtand ſich außerhalb den Grenzen des deutlichen Sehens befindet, ſo helfe die Vermehrung oder

c) Hiſtoir. de l'Acad. de Paris. an. 1735.

oder Verminderung der Erleuchtung gar nicht dazu, denſelben deutlicher zu machen. Es ſey ein höchſt ungefährer Zufall, daß die angeführte Proportion der Entfernungen für des Celſius Augen eingetroffen iſt.

Bouguer [d]) erdachte ſich folgende Vorrichtungen, das Verhältniß der Lichtſtärke zu beſtimmen: Er nahm zwey Stücke Holz oder Pappe (fig. 64.) ec und cd, mit zwey gleich großen Löchern p und q, welche er mit geöltem oder weißem Papier überzog. Auf dieſe Löcher ließ er das Licht derjenigen Körper, welche er mit einander vergleichen wollte, fallen, ſtellte aber noch ein drittes Stück Holz oder fc dazwiſchen, um zu verhindern, daß beyde Lichter ſich nicht mit einander vermiſchen ſollten. Hierauf ſtellte er ſich auf der einen oder der andern Seite ſeiner Vorrichtung, gewöhnlich aber auf derjenigen, welche dem Lichte entgegengeſetzt war, und veränderte die Stellung der leuchtenden Körper ſo lange, bis die Papiere in beyden Löchern gleich helle erleuchtet ſchienen. Darauf berechnete er aus dem Verhältniſſe der Quadrate ihrer Entfernungen von dem Papiere das Verhältniß der Stärke. War das Licht eines Körpers zu ſchwach, ſo bediente er ſich auch Linſengläſer, es zu verſtärken, und ſchloß dieſe in Röhren ein, oder nicht, nachdem es ſeine jedesmalige Abſicht erforderte.

Die Stärke des Lichts zu meſſen, welches uns die himmliſchen Körper, oder eine gewiſſe Stelle des Lufthimmels zuſenden, erdachte er eine Art von tragbarer Camera obſcura. Zwey inwendig angeſchwärzte Röhren (fig. 65.) ac und ec waren zu unterſt bey c durch ein Gewinde verbunden. Unten an dieſen Röhren waren zwey Löcher r und ſ, drey bis vier Linien breit,

d) Traité d'optique.

breit, welche mit zwey Stücken feinen weißen Papiers bedeckt waren. An dem andern Ende jeder Röhre war eine kreisrunde Oeffnung, einen Zoll weit, und eine der Röhren beſtand aus zwey Stücken, wovon das eine herausgezogen werden konnte, welches eben den Dienſt that, als wenn die Weite der Oeffnung wäre verändert worden. Bey dem Gebrauche dieſes Werkzeuges hat der Beobachter ſeinen Kopf und das Ende bey c ſo bedeckt, daß kein Licht in ſein Auge, als nur durch die Röhre bey r und ſ kommen kann, wobey ein Gehülfe das Werkzeug richtet, und die Röhre d e nach der Angabe des Beobachters verlängert oder verkürzt. Sind beyde Löcher dem Augenmaaße nach gleich helle, ſo verhält ſich die Stärke des darauf fallenden Lichts umgekehrt wie die Quadrate der Längen der Röhren.

Wenn man dieſes Werkzeug brauchen will, ſo muß jeder der Gegenſtände, deren Licht in die Röhren fällt, unter einem beträchtlich größern Winkel, als die Oeffnungen a und d, bey c geſehen werden; ſonſt hilft das Ausziehen nichts. Damit er in dieſem Falle, wenn die Gegenſtände zu klein wären, nicht nöthig hätte, das Werkzeug gar zu groß, oder die Oeffnung d zu klein zu machen, ſo bediente er ſich eines andern Werkzeuges, welches aus zwey Röhren beſteht, die ſechs, zuweilen 10 bis 12 Fuß lang ſind, und an den Enden zwey völlig gleiche Objektivgläſer führen, deren Brennpunkte auf das andere Ende jeder Röhre fallen. Hier ſind zwey Löcher, jedes drey oder vier Linien weit, die mit weißem Papier oder mit einem matt geſchliffenen Glaſe bedeckt ſind. Uebrigens wird dieſes Werkzeug völlig ſo, wie das vorige, gebraucht. Sind die beyden zu vergleichenden Lichter nicht von

einerley Stärke, ſo muß das Licht, welches von ihnen auf das Papier in der Oeffnung fällt, durch die Verminderung der Oeffnung an dem einen Objektivglaſe einander gleich gemacht werden.

Wenn die zu beobachtenden Gegenſtände faſt in derſelben geraden Linie liegen, ſo kann man, wie Bouguer anmerkt, ſtatt der beyden Röhren eine einzige gebrauchen, in welcher man die Objektivgläſer neben einander ſtellt, und an der untern auch nur ein einziges Okularglas befeſtigt. Das Werkzeug hat alsdenn eine Aehnlichkeit mit dem Heliometer, oder Aſtrometer, welches er im Jahre 1748 bekannt machte.

Hiebey iſt aber zu merken, daß man durch dieſe beyden Werkzeuge nicht die abſolute Menge der Strahlen, ſondern die Dichtigkeit oder Intenſität des Lichts mißt. Jene iſt das Produkt aus der Intenſität in die Fläche des leuchtenden Körpers. Die Intenſität des Lichts kann ſehr groß ſeyn, und die Erleuchtung, welche andere Körper davon erhalten, ſehr gering, weil die leuchtende Oberfläche ſehr klein iſt; ſo wie hingegen, wenn dieſe ſehr groß iſt, bey geringer Intenſität dennoch eine ſtarke Erleuchtung ſeyn kann.

Da Bouguer's wichtigſten Verſuche bereits angeführt ſind, ſo wird es nur nöthig ſeyn, einige Beyſpiele beyzufügen, wie er ſeine eben beſchriebenen Werkzeuge zur Meſſung des Lichts gebraucht hat.

Es iſt bekannt, daß irgend jemand, der an einem ſtark erleuchteten Orte ſteht, im Schatten liegende Gegenſtände nicht unterſcheiden kann, ſo wie er auch nichts zu erkennen im Stande iſt, wenn er aus dem Lichte unmittelbar an einen Ort geht, wo nur ſehr

wenig

wenig Licht iſt. Hieraus folgt, daß der Eindruck von einem ſtarken Lichte auf das Auge, und die nachbleibende Empfindung deſſelben, die Wirkung eines ſchwachen Lichts verdrängen. Das Verhältniß der Intenſitäten in dieſem Falle zu beſtimmen, ließ er das Licht zweyer Kerzen auf eine ſehr weiße Fläche fallen, fing das Licht der einen mit einem Lineale auf, und entfernte ſie ſo weit, bis der Schatten, welcher von der andern erleuchtet ward, nicht mehr zu erkennen war. Dieß geſchahe, wie er jene achtmahl ſo weit als dieſe von der Fläche entfernt hatte. Hieraus ſchließt er, daß ein Licht, wenn es $64 = 8^2$ mahl ſchwächer iſt, als ein anderes, gegen dieſes nicht mehr zu merken iſt. Uebrigens wird dieß für verſchiedene Augen ſehr verſchieden ausfallen; doch glaubt Bouguer, daß die Grenzen zwiſchen 60 und 80 liegen mögen.

Vermittelſt des zweyten der beſchriebenen Werkzeuge verglich er die Stärke des von verſchiedenen Stellen des Lufthimmels zurückgeworfenen Lichts, und fand, daß wenn die Sonne 25 Grad hoch ſtand, das Licht in einer Entfernung von 8 bis 9 Grad von der Sonne viermahl ſtärker war, als in einer Entfernung von 31 bis 32 Grad. Sehr merkwürdig iſt es auch, daß, bey einer Höhe der Sonne von 15 oder 20 Grad, das Licht des Himmels längſt einem Parallelkreiſe mit dem Horizonte in dieſer Höhe, bis auf eine gewiſſe Weite von der Sonne, etwa 110 bis 120 Grad, immer abnimmt, hernach aber wieder zunimmt, und an dem der Sonne entgegengeſetzten Punkte am größten wird.

Das Licht der Sonne, ſagt Bouguer, iſt zu ſtark, und das Licht der Sterne zu ſchwach, als

daß

daß man die Veränderungen deſſelben in verſchiedenen Höhen bemerken könnte. Da beydes aber, unter einerley Umſtänden, mit dem Lichte des Mondes ſich auf einerley Art verändern muß, ſo beobachtete er den Mond in verſchiedenen Höhen, und fand, daß die Erleuchtung deſſelben in der Höhe von 19° 16′ ſich zu der in der Höhe von 66° 11′ wie 1681 zu 2500, d. i. faſt wie 2 zu 3 verhalte. Dieſe Höhen hatte er deßwegen gewählt, weil ſie die Höhen der Sonne zur Zeit ihres Stillſtandes für Croiſic ſind, wo er ſich damals aufhielt. Wenn der Rand des Mondes den Horizont der See berührte, war ſein Licht 2000 mahl ſchwächer, als in der Höhe 66° 11′; wiewohl dieß Verhältniß, wie er auch eingeſteht, wegen der vielen Abwechſelungen in der Dichtigkeit der untern Atmoſphäre ſich auf mancherley Art verändern muß.

Endlich beobachtete Bouguer auch die verſchiedenen Theile der Sonnenſcheibe, und fand, daß ſie um den Mittelpunkt beträchtlich heller, als nach dem Rande hin, iſt. Es war in dem Verhältniſſe von 48 zu 35, daß der Mittelpunkt heller ſchien, als eine um ¾ des Halbmeſſers davon entfernte Stelle. Die Planeten hingegen, ſowohl die Haupt- als Nebenplaneten, fand er am Rande heller, als in der Mitte.

Die Vergleichung des Sonnenlichts mit dem Mondenlicht hat man oft anzuſtellen verſucht; allein es blieb bey ungefähren Muthmaßungen, bis daß Bouguer dieſe Sache genauer zu erforſchen unternahm. Er fand durch ein Mittel aus mehreren Verſuchen, daß das Mondenlicht 300000 mahl ſchwächer iſt, als das Sonnenlicht. Dieſes brachte er dadurch heraus, daß er ſowohl das Sonnen- als das Mondenlicht in ein verfinſtertes Zimmer durch ein Hohlglas

glas fallen ließ, und das ſich zerſtreuende Licht in einer ſolchen Entfernung auffing, daß es der Erleuchtung von einer in einer gewiſſen Entfernung geſtellten Kerze gleich kam. Aus der Größe der Kreiſe, in welche ſich das Sonnen- und Mondenlicht ausbreitete, und der jedesmaligen Entfernung der Kerze ward das obige Verhältniß geſchloſſen, welches freylich ſo ungeheuer groß iſt, daß es nicht zu verwundern iſt, wenn man mit dem Mondenlichte durch Brennſpiegel keine Wärme hervorbringen konnte. Die größeſten Brennſpiegel verdichten das Licht nicht 1000 mahl, alſo bleibt das Mondenlicht in dem Brennraume eines Spiegels noch 300 mahl ſchwächer, als das gewöhnliche Sonnenlicht.

Nun entſteht aber die Frage, wie groß die Lichtmenge ſeyn würde, welche uns der Mond durch Zurückwerfung zuſenden würde, wenn von dem auffallenden Lichte gar nichts verloren ginge? D. Smith [e]) glaubte, auf zweyerley Art erwieſen zu haben, daß das Licht des Vollmondes ſich zu unſerm Tageslichte wie 1 zu 90900 verhalte, wenn alle Strahlen zurückgeworfen würden. Zuerſt nimmt er an, daß der von der Sonne erleuchtete Mond ſo helle ſcheint, als die Wolken im Mittel genommen; woraus er ferner folgert, daß das Sonnenlicht ſo groß iſt, als das Licht aller Wolken auf der ganzen Halbkugel zuſammen, oder dem Lichte von ſo vielen Monden, als die ganze Himmelsfläche bedecken könnten. Allein Smith hat ſich geirrt. Es würde zwar ſeine Richtigkeit haben, daß das Sonnenlicht, welches ſenkrecht auf eine Fläche fällt, dem von der ganzen Halbkugel zurückgeworfenen Licht gleich ſeyn würde, wenn jeder Theil derſelben

e) Optik durch Käſtner. S. 28.

ſelben alles darauf fallende Licht zurückwürfe; aber das von der ganzen Halbkugel wirklich erhaltene Licht wird zum Theil ſchief aufgefangen, und beträgt nur die Hälfte desjenigen, welches von der ganzen Halbkugel herkommen würde, wenn jeder Theil derſelben ſenkrecht auf die zu erleuchtende Fläche ſchiene.

In den Anmerkungen zu ſeinem Werke bringt er durch ein anderes Verfahren dieſelbe Folge heraus, begeht aber dabey wieder den Fehlſchluß, daß er die ganze erleuchtete Halbfläche des Mondes die Strahlen der Sonne ſenkrecht erhalten läßt, da doch nicht mehr Strahlen darauf fallen können, als auf der Fläche eines größten Kreiſes der Mondskugel ſenkrecht enthalten ſind, welche genau die Hälfte von der halben Oberfläche des Mondes iſt.

Weit richtiger und genauer hat Lambert (Photometrie. §. 1039. ff.) durch Rechnung gefunden, daß der Mond, wenn er alles Licht wieder zurückwürfe, nur den 69250ſten Theil ſo helle als die Sonne wäre.

Einige Erſcheinungen, welche durch die Zurückwerfung des Lichts verurſacht werden.

Daß das zurückgeworfene Licht auch Hitze hervorbringen könne, beſonders wenn es dicht iſt, wie das Sonnenlicht, iſt eine bekannte Sache. Melville [f]) hat hierüber einige Bemerkungen gemacht. Seiner Meynung nach muß ein jedes färbendes Theilchen eines undurchſichtigen Körpers durch die Zurückwerfung der Lichttheilchen, welche zwiſchen denſelben Theilchen des Körpers hin und her geworfen werden, auch eine ſchwingende Bewegung annehmen, und die Zeit

f) Edinb. eſſays. Vol. II. p. 30. ſqq.

Zeit einer Schwingung muß ſo groß ſeyn, als diejenige, welche das Licht braucht, von einem Theilchen eines Körpers zu dem nächſtliegenden zu kommen. Nun kann, ſelbſt in den dichteſten undurchſichtigen Körpern, die Entfernung zweyer ſolcher Theilchen nicht über $\frac{1}{12500}$ eines Zolles betragen, welchen Raum das Licht in $\frac{1}{125000000000000}$ einer Sekunde beſchreibt. Es vermag alſo das Licht den innern Theilen der Körper eine ſo ſchnelle Bewegung mitzutheilen, daß ſie 125000000000000 und mehr Schwingungen in einer Zeit von einer Sekunde verrichten. Wenn mehrere Lichttheilchen, es ſey in demſelben Lichtſtrahle oder in verſchiedenen, an der Oberfläche deſſelben färbenden Theilchens anlangen, ſo mag wohl die Regelmäßigkeit der Schwingungen geſtört werden, dadurch aber erfolgen ſie deſto häufiger, oder es entſtehen dadurch noch kleinere Schwingungen an den Theilen, welche jenes Theilchen ausmachen. Auf ſolche Art wird alſo die innere Bewegung noch feiner, und inniger verbreitet; ſo daß, wenn die Menge des in den Körper dringenden Lichts zunimmt, die Schwingungen der Theilchen ebenfalls an Größe und Geſchwindigkeit zunehmen müſſen; bis ſie zuletzt ſo heftig werden mögen, daß alle Beſtandtheile durch den Zuſammenſtoß in Stücke zerſpringen, welches eine Veränderung der Farbe und des Gewebes des Körpers zur Folge haben muß. — Indeſſen ſcheint ſich Melville hier geirrt zu haben; denn es iſt keinesweges als nothwendige Bedingung vorauszuſetzen, daß die Geſchwindigkeit der Theilchen des Körpers ſo groß ſeyn, als diejenige des Lichts, welche ſie in Bewegung ſetzt.

Da keine Zurückwerfung des Lichts anders, als an der Oberfläche eines Mittels ſtatt finden kann, ſo iſt

iſt es unmöglich, wie Melville bemerkt, daß eine noch ſo große Menge zuſammengedrängter Strahlen für ſich in einen noch ſo kleinen Raum eine Hitze hervorzubringen im Stande iſt. Daraus folgt, daß derjenige Theil der Luft, welcher in dem Brennraume des ſtärkſten Brennſpiegels liegt, von den daſelbſt durchgehenden Strahlen nichts leidet, ſondern mit der umgebenden Luft in einem gleichförmigen Zuſtande bleibt; obgleich ein jeder undurchſichtiger, ja auch jeder durchſichtige Körper, welcher in dieſe Stelle gehalten würde, augenblicklich in die ſtärkſte Hitze gerathen müßte.

Melville hat dieſen Satz etwas zu erläutern geſucht. Er führt an, der leichteſte Weg, ſich durch die Erfahrung von der Sache zu verſichern, ſey, ein Haar oder ein Stück von einer Pflaumfeder unmittelbar über den Brennpunkt eines Brennglaſes oder eines Brennſpiegels zu halten, oder Rauch aus einer Röhre nach horizontaler Richtung darüber hin zu blaſen; weil, wenn die Luft in dem Brennraume heißer als die andere Luft wäre, ſie wegen ihrer Verdünnung beſtändig aufwärts ſteigen, und folglich die leichten Körperchen in Bewegung ſetzen müßte. Oder man ſtelle ein Brennglas ſo, daß der Brennraum deſſelben in Waſſer, oder in einen andern durchſichtigen Körper falle, davon man die Hitze mittelſt eines Thermometers von Zeit zu Zeit unterſuchen kann. Nur wird man bey dieſem Verſuche das Brennglas ſo nahe als möglich an den durchſichtigen Körper halten müſſen, damit nicht die Strahlen, wenn ſie dichter als gewöhnlich auf deſſen Oberfläche fallen, den Körper mehr erwärmen, als die Sonnenſtrahlen zu thun pflegen.

Dieſe

Dieſe Bemerkungen auf die Erklärung natürli- cher Erſcheinungen anzuwenden, bemerkt er, daß die Atmoſphäre nicht ſowohl von den durch ſie gehenden Sonnenſtrahlen, als vielmehr von der Berührung der erhitzten Erdfläche erwärmt wird. Daraus, glaubt er, laſſe ſich auf eine leichte und in die Augen fallen- de Art erklären, warum es in allen Erdſtrichen auf den Spitzen ſehr hoher Berge kalt iſt, weil dieſe näm- lich von der eigentlichen Oberfläche der Erde am wei- teſten entfernt ſind. Denn es iſt ganz bekannt, daß die Wärme eines durch Berührung mit einem dich- ten Körper erhitzten Fluidum in einem gewiſſen um- gekehrten Verhältniſſe der Entfernung von dieſem Körper abnimmt. Er ſelbſt fand durch wiederholte Verſuche, daß die Wärme des Waſſers in tiefen Seen von der Oberfläche herunterwärts ordentlich abnimmt. Um aber dieſe Frage völlig zu entſcheiden, müßte man die Beſchaffenheit der Luft im Thale und auf des Ber- ges Spitze jede Stunde bey Tage und bey Nacht be- obachten, und ſorgfältig mit einander vergleichen.

Dieſen Bemerkungen zu Folge glaubt er anneh- men zu dürfen, daß die Hitze, welche von einer gege- benen Anzahl Strahlen in einem undurchſichtigen Körper von gegebener Größe hervorgebracht wird, bey einer größern Neigung der Strahlen gegen einander größer ſey, als bey einer geringern. Denn theils wer- den die Richtungen der Schwingungen, welche die Einwirkung des Lichts entweder den färbenden Theil- chen ſelbſt, oder den von einer untern Gattung ertheilt, mehr in einander laufen, folglich werden die innern Anprellungen und Stöße ſtärker werden; theils wer- den auch die Lichtſtrahlen, da die färbenden Theilchen der Körper mancherley Lagen haben, im Ganzen auf

jede ſenkrechter fallen, je mehr ſie ſelbſt gegen einander geneigt ſind. Liegt hierin nicht der Grund, frägt er, daß, wie man beobachtet hat, die Hitze des in einen Kegel zuſammenlaufenden Sonnenlichts, je näher man dem Brennpunkt kommt, weit mehr, als nach dem Verhältniß der Dichtigkeit des Lichts zunimmt? Daß der Unterſchied der Winkel, unter welchen die Strahlen auf ein Theilchen von gegebener Größe in verſchiedenen Entfernungen vom Brennpunkte fallen, nur klein iſt, beweiſe nicht, daß man die Erſcheinung nicht daraus herleiten könne, weil wir nicht wiſſen, wie groß der Einfluß des einen und des andern der beyden erwähnten Umſtände ſeyn mag. Daß es übrigens von keiner unbekannten Gegenwirkung der Strahlen auf einander herrühre, wie man hat ſagen wollen, erhelle daraus, daß jeder einzelne Strahl, nachdem er durch den Brennpunkt gegangen, ſeine Farbe und Richtung ſo gut behält, als wenn er ganz für ſich allein vorhanden geweſen wäre.

Ungeachtet aber die Hitze des Sonnenlichts durch Verdichtung ſo groß werden kann, daß daraus faſt unglaubliche Wirkungen an Körpern entſtehen, ſo war doch der Abt Nollet g) nicht im Stande, mancherley brennbare Körper in einen Brennpunkt vereinigter Sonnenſtrahlen anzuzünden. So war er nicht vermögend, Weingeiſt, Olivenöl, Terpentinöl oder Aether in dem Brennpunkte anzuzünden, und ob er gleich Schwefel in Brand ſetzen konnte, ſo mißlang es doch mit Siegellack, Harz, Pech und Talg. Er ließ den Brennpunkt ſowohl auf dieſe Körper ſelbſt, als auch auf den von ihnen aufſteigenden Dampf fallen; allein es erfolgte nichts, als daß die geſchmolzene Maſſe in's Kochen

g) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris, 1757.

Kochen gerieth, und als Dünſte oder ſehr kleine Tropfen verflog, ohne ſich entzünden zu wollen. Leinene Sachen oder andere dichte Körper, welche mit einer der genannten Flüſſigkeiten benetzt waren, geriethen nicht eher in Brand, als bis die Flüſſigkeit in einem ſtarken Dampfe verflogen war, ſo daß die ſolchergeſtalt zubereiteten Sachen ſpäter Feuer fingen, als wenn ſie trocken waren.

Beaumé, welcher bey einigen dieſer Verſuche dem Abte Nollet behülflich war, bemerkte ferner, daß eben die Subſtanzen, welche durch die Flamme eines brennenden Körpers leicht Feuer fingen, ſich nicht entzünden wollten, wenn ſie von einem noch ſo ſehr erhitzten Körper, der aber keine Flamme von ſich gab, berührt wurden. Weder Aether, noch Weingeiſt konnten mit einer glühenden Kohle oder ſelbſt mit roth glühendem Eiſen angezündet werden, wenn dieſe nicht eine weiße Gluth zeigten. Aus dieſen Verſuchen ſchließt Beaumé, daß, wofern die elektriſche Materie mit dem Feuer oder Lichte einerley ſeyn ſoll, ſie noch ein anderes Princip enthalten müſſe, wodurch ſie Weingeiſt entzünden könne.

Ferner entdeckte Melville durch Anwendung der katoptriſchen Lehren, daß Körper, welche ſich zu berühren ſcheinen, ſich nicht immer wirklich berühren. Man pflege oft, ſagt er, die große Beweglichkeit und den ſchönen Glanz der Regentropfen, die auf den Blättern des Kohls und einiger andern Pflanzen liegen, zu bewundern: aber kein Phyſiker habe ſich, ſo viel er wiſſe, die Mühe gegeben, dieſe artige Erſcheinung zu erklären. Wie er ſie genauer anſah, fand er, daß der Glanz des Tropfens von dem häufigen Lichte herrühre, welchen die etwas flache Unterfläche zunächſt

dem Blatte zurückſendet. Er bemerkte ferner, daß, wenn der Tropfen längſt einem Theile, der benetzt iſt, hinrollet, er ſogleich ſeinen Glanz verliert, ſo daß man das Grün des Blatts deutlich durch den Tropfen ſehen kann; da hingegen in dem andern Falle daſſelbe faſt gar nicht zu erkennen iſt.

Aus dieſen beyden Beobachtungen zuſammengenommen ſchloß er, daß der Tropfen die Pflanze wirklich nicht berühre, wenn er wie ein Queckſilberkügelchen ausſieht, ſondern daß er, in einiger Entfernung von dem Blatte, von einer gewiſſen zurückſtoßenden Kraft frey in der Luft erhalten wird. Denn das weiße Licht könnte von der Unterfläche keinesweges ſo häufig zurückgeſendet werden, wenn nicht zwiſchen derſelben und dem Blatte wirklich ein Zwiſchenraum vorhanden wäre.

Wenn die Fläche des Blatts vollkommen glatt wäre, ſo würde es die Unterfläche des Tropfens auch ſeyn, und folglich ein Bild des erleuchtenden Körpers durch die Zurückſtrahlung, wie ein Stück polirtes Silber zeigen; weil jene aber merklich rauh und ungleich iſt, ſo wird es dieſe auch, und ſieht daher, da es das Licht nach allen Richtungen häufig zurückſendet, ſo glänzend weiß, wie unpolirtes Silber, aus.

Da es alſo auf ſolche Art aus katoptriſchen Lehren bewieſen iſt, daß der Tropfen die Pflanze, worauf er liegt, nicht berührt, ſo iſt es nun leicht zu begreifen, warum er auf dem Blatte ſo beweglich iſt.

Eine andere merkwürdige Erſcheinung beobachtete der Baron Alexander Funk [h]) bey dem Be-
ſuch

h) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſchaft. B. III. der deutſch. Ueberſ. S. 129.

ſuch einiger Silbergruben in Schweden, da es nämlich an einem heitern Tage unten im Schachte in einer Tiefe von 60 bis 70 Klaftern stockfinſter war, hingegen an einem trüben oder regnichten Tage war es in einer Tiefe von 106 Fuß noch ſo helle, daß er leſen konnte. Die Bergleute, welche er über dieſen Umſtand befragte, berichteten ihm, daß ſich dieß beſtändig ſo verhielte. Dieſe Erſcheinung erklärt er daher, daß bey einem bewölkten Himmel nach allen Richtungen Licht in den Schacht von den Wolken geſandt wird, und darunter auch vieles nach ſenkrechter Richtung; da hingegen bey heiterm Himmel keine dunkeln Körper vorhanden ſind, welche das Licht auf die letztere Art, wenigſtens in hinlänglicher Menge, zurückſenden könnten.

Unterſuchungen und Bemerkungen, welche das Sehen betreffen.

Das bewundernswürdige Werkzeug des Sehens, das Auge, iſt beſonders von Petit [i]) mit vorzüglichem Fleiße zergliedert worden. Daß die Aderhaut im menſchlichen Auge ſchwarz ſey, war längſt bekannt; allein die Veränderungen der Farbe, die ſie erleidet, hatte man vor Petit nicht wahrgenommen. Dieſer fand, daß ſie an Kindern, auf der Seite der Netzhaut, vollkommen braun erſcheint, aber mit den Jahren heller wird.

Alle Anatomiker nach Galen, Veſalius ausgenommen, hatten geglaubt, daß die Traubenhaut bey dem Menſchen erhaben wäre; allein Petit [k]) folgerte aus vielen ſehr ſorgfältig angeſtellten Unterſuchungen, daß ſie völlig flach ſey.

Auch

i) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. 1726.
k) Ibid. 1728.

Auch über die kryſtallene Feuchtigkeit, ſowohl bey Menſchen als bey Thieren, hat Petit [l]) eine Menge ſchätzbarer Unterſuchungen gemacht. Bey Schlangen und Fiſchen fand er ſie faſt kugelrund; linſenförmig aber bey allen andern Thieren, die er unterſucht hatte. Die Vorderfläche war nie ſo erhaben, als die Hinterfläche.

Bey allen Thieren wird, wie Petit bemerkte, die kryſtallene Feuchtigkeit mit den Jahren feſter. In neugebornen Kindern iſt ſie wie eine kalte Gallerte. Im funfzehnten oder zwanzigſten Jahre iſt ſie von einem gleichförmig dichten Gewebe, nimmt in der Folge zwar an Feſtigkeit zu, wird aber doch in der Mitte höher als nach dem Umfange hin. Beym Menſchen iſt ſie nicht ſo dicht, wie bey den Vögeln, vierfüßigen Thieren und Fiſchen, welche der Ordnung nach eine feſtere kryſtallene Feuchtigkeit beſitzen. In den Fiſchen iſt der innere Theil faſt ſo hart wie Horn; dagegen iſt aber der äußere Theil weicher, als in jedem andern Thiere, und nur eine ſchleimige Subſtanz.

Die Urſache, warum die kryſtallene Feuchtigkeit in der Mitte am dichteſten iſt, hat D. Porterfield [m]) auf folgende Art angegeben. Die Lichtſtrahlen, ſagt er, welche zunächſt dem Rande derſelben auffallen, werden wegen der größern Schiefe ſtärker gebrochen, als diejenigen, welche um die Mitte näher bey der Axe eintreffen. Darum wird der Vereinigungspunkt der letztern entfernter ſeyn, als der erſtern, ſo daß ſie unmöglich alle auf einem Punkte der Netzhaut, wie es zum deutlichen Sehen erfordert wird, zuſammen kommen können. Die daraus entſtehende Undeutlichkeit

l) Hiſtoire de l'Acad. roy. de Paris. 1730.

m) On the eye. Vol. I. p. 439.

keit zu vermeiden, iſt die Linſe in der Mitte dichter und feſter angeordnet, damit die nahe bey der Axe auffallenden Strahlen, wegen der ſtärkern Brechung in dieſem Kerne, nach einem nähern Punkte hinter der Linſe hin gebrochen werden, und ſich mit den andern Strahlen, welche um den Rand herum auffallen, vereinigen mögen. Die Fiſche haben in ihrer kryſtallenen Feuchtigkeit einen weit dichtern Kern, als die Landthiere, weil ſie bey ihnen faſt kugelrund iſt, und die Vereinigungspunkte der nahe bey der Axe und am Rande auffallenden Strahlen weit mehr von einander abweichen würden, als bey den Landthieren, die eine linſenförmige kryſtallene Feuchtigkeit haben.

Daß bey zunehmendem Alter die Kryſtalllinſe im Menſchen flacher wird, war ſchon ſonſt bekannt; aber Petit [n]) beobachtete, daß ſie alsdenn auch ihre Farbe ändert. Von der Geburt bis in's 25ſte Jahr fand er ſie vollkommen durchſichtig; nach dieſer Zeit bekommt ſie in der Mitte eine gelblichte Farbe, die immer dunkler wird, und ſich je länger, je mehr nach dem Umfange verbreitet. Er bekam die beyden Linſen von einer 81 Jahr alt gewordenen Perſon zu ſehen, die dem ſchönſten Agatſteine glichen. Auch bemerkte er, daß die gelbe Farbe der kryſtallenen Linſe mit ihrer Härte zunimmt.

Leeuwenhoek [o]) fand auch, wie ſchon vorher entdeckt war, an einer trocken gewordenen Kryſtalllinſe eine Menge über einander liegender dünner concentriſcher Blättchen oder Schuppen, deren er von der Mitte

n) Mémoir. de Paris. an. 1730.

o) Arcana naturae detecta. Lugd. Batav. 1722. p. 66. ſqq.

Mitte bis zum Umfange auf 2000 in einer einzigen Linſe rechnet.

An Ochſen, Schafen, Schweinen, Hunden und Katzen vollendet der Faden, aus welchen jede dieſer Schuppen beſteht, drey Umläufe, jeden mit einem Mittelpunkte; an Wallfiſchen fünf; an Haſen und Kaninchen nur zwey. Auf der ganzen Oberfläche der Kryſtallinſe eines Ochſenauges zählt er mehr als 12000 Fäſerchen.

Petit [p]) beſtätigte noch mehr die Zuſammenſetzung der Linſe aus concentriſchen Blättchen, beſonders durch die Zertrennung derſelben in ſauren Flüſſigkeiten.

Die Kapſel der Linſe fand Petit [q]) immer durchſichtig, ſelbſt an ſolchen Perſonen, welche den Staar gehabt hatten. Auch wird ſie in keinen Salzauflöſungen undurchſichtig, wie die Linſe. Er glaubte entdeckt zu haben, daß die Linſe mit ihrer Kapſel keine Verbindung hätte, ſondern in der darin enthaltenen Feuchtigkeit ſchwämme. Allein dieß hat Albinus [r]) durch genauere Unterſuchungen widerlegt. Dieſer nahm wahr, daß die Linſe allerdings mit ihrer Kapſel durch einige Gefäße verbunden iſt, die durch kleine Oeffnungen der Kapſel gehen, und in den Rand der Linſe eintreten, von da ſie ſich über den Hintertheil derſelben verbreiten. Dabey bemerkt er noch, daß die Centralpulsader, welche durch die glasartige Feuchtigkeit geht, ſich an der Hinterfläche der Kapſel in viele

p) Hiſtoire de l'Acad. de Paris, an. 1730.

q) Ibid.

r) *Muſſchenbroek* introd. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 754.

viele Zweige theilt, und einige derſelben in die innern Theile der Linſe ſendet. Durch dieſe Gefäße wird ſie ſowohl befeſtigt als ernährt. Auch hat von Haller [s]) gegen Petit die Kapſel bey einem Staare an Menſchen und Thieren mehrmals undurchſichtig gefunden.

Uebrigens giebt Petit [t]) folgende Abmeſſungen des menſchlichen Auges an: Des Augapfels Durchmeſſer (fig. 66.) rſ iſt 10 bis $11\frac{1}{2}$ Linien lang, am gewöhnlichſten $10\frac{1}{2}$ bis $10\frac{3}{4}$ Linien. Die Hornhaut hoi iſt ein Kugelſtück, wovon der Durchmeſſer ſo gewöhnlich $7\frac{1}{2}$ Linien, zuweilen 7, auch wohl 8 Linien beträgt, der Durchmeſſer hi der Grundfläche dieſes Kugelſtücks, der zugleich den Durchmeſſer der Traubenhaut oder des Regenbogens abgiebt, iſt $4\frac{2}{3}$, 5, bis $5\frac{1}{2}$ Linien, die Höhe eben dieſes Kugelſegments $\frac{3}{4}$, 1 bis $1\frac{1}{4}$ Linien. Alſo iſt die Axe des Auges um $\frac{1}{4}$ bis $\frac{1}{2}$ Linie länger, als der Durchmeſſer rſ. Eben dieſes Kugelſtück macht die vordere Kammer für die wäſſerige Feuchtigkeit aus. Die Dicke der hintern Kammer vom Umfange des Sterns bis an die Linſe in a, fällt zwiſchen $\frac{1}{8}$ und $\frac{1}{2}$ Linie, und iſt am gewöhnlichſten $\frac{1}{4}$ Linie, gegen b und d zu wird die Dicke der Kryſtalllinſe noch einmal ſo groß. Insgemein beträgt der Abſtand ao der Hornhaut von der Kryſtalllinſe nicht über $1\frac{1}{6}$ Linie.

Der Kryſtalllinſe Umfang hat $3\frac{1}{2}$ bis $4\frac{1}{2}$ Linien im Durchmeſſer bd, am gewöhnlichſten 4 Linien, ihre Dicke ag beträgt $1\frac{3}{4}$ bis $2\frac{1}{2}$, gewöhnlich 2 Linien. Ihre Vor-

s) Phyſiologia. Tom. V. p. 404.

t) Hiſtoire de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1725.

Vorderfläche bad iſt nicht ſo viel erhaben, als die hintere bgd. Der Vorderfläche Durchmeſſer 2ca beträgt nach Petit 1 Zoll bis $1\frac{1}{2}$ Zoll. An einem andern Orte (Hiſtoire de l'Acad. de Paris. an. 1730.) giebt er dieſen Durchmeſſer zu 6, $6\frac{1}{2}$ bis 9 Linien an, zuweilen 12 Linien. Dem Durchmeſſer 2eg der hintern Fläche giebt er 5, $5\frac{1}{2}$ bis 6 Linien Länge. Nach einem Mittel aus 26 zergliederten Augen genommen, findet ſich der Durchmeſſer der Krümmung der Vorderfläche des Kryſtalls $7\frac{2}{20}$ Linien, der Durchmeſſer der Krümmung ihrer hintern Fläche $5\frac{2}{3}$ Linien, ihre Dicke ag = $2\frac{1}{12}$ Linien.

Eine umſtändliche Beſchreibung des Auges und des Durchganges der Lichtſtrahlen durch die Augenfeuchtigkeiten findet man bey Muſſchenbroek u).

Der berühmte Streit über den eigentlichen Sitz des Sehens, deſſen Urheber Mariotte war, wurde in dieſem Zeitraume beygelegt. Le Cat x) trat Mariotte'ns Meynung bey, weil ſie ſeinen Grundſatz beſtärkte, daß die dünne Hirnhaut (pia mater), davon die Aderhaut eine Fortſetzung iſt, und nicht die Nerven ſelbſt, das eigentliche Werkzeug des Sehens ſey.

Mariotte's Verſuch (Th. III. S. 143.) verfolgte le Cat noch etwas weiter. Anſtatt des zweyten Papiers nahm er ein großes weißes Bret, und fand, daß in einer gewiſſen Entfernung ein kreisrunder Raum darauf ſich verlohr. Er beobachtete auch die Lage und Größe des unter dieſen Umſtänden verſchwindenden Papiers, und die Entfernungen, worin

u) Traité des ſens. p. 176. ſqq.

x) Hiſtoire de l'Acad. des ſcienc. de Paris. 1739.

in er verſchwand, und ſetzte dadurch verſchiedenes, die Einrichtung des Auges in dieſem Stücke betreffend, in mehreres Licht. So fand er, daß der Eintritt des Nerven in ſeinem Auge der Augenaxe um $\frac{1}{7}$ näher war, als in Mariotte's Auge. Daher berechnet er auch die Größe der unempfindlichen Stelle im Auge, und findet ſie nicht größer, als einen Nadelknopf, nämlich $\frac{1}{3}$ oder $\frac{1}{4}$ einer Linie.

Einen andern Grund für ſeinen Satz nahm le Cat von der Veränderung der Farbe der Aderhaut bey alten Leuten her, welche nicht ſo deutlich wie junge Leute ſehen. Er verglich die Netzhaut mit dem Oberhäutchen, welches die pyramidenförmigen Wärzchen, die unmittelbaren Werkzeuge des Gefühls, bedeckt; oder mit der poröſen Membran, welche die drüſigten Wärzchen der Zunge überzieht. Die Netzhaut, behauptet er, empfängt den Eindruck des Lichts, mäßigt ihn, und bereitet ihn zu für das Werkzeug, welches er eigentlich rühren ſoll, hat aber ſelbſt keine Empfindungen davon.

Le Cat hatte nämlich entdeckt, daß die dünne Hirnhaut, nachdem ſie den Sehenerven bey ſeinem Eintritte in's Auge dicht umſchlungen und zuſammengepreßt hat, ſich in zwey Lamellen theilt, deren eine ſich an die Hornhaut inwendig genau anlegt, und ſich zuletzt mit ihr vereinigt, und die andere die Aderhaut ausmacht. Auch zeigte er, daß die harte Haut des Auges eine Ausbreitung der harten Hirnhaut iſt, und überſandte an die Pariſer Akademie im Jahre 1739 zergliederte Augen, um dieſe und einige andere ſeiner Sätze zu beweiſen, welche den Meynungen des berühmten Winslow entgegen waren.

Einen ſehr genauen Verſuch zur Beſtimmung der Größe und Lage des unempfindlichen Flecks im Auge machte Daniel Bernoulli [y]). Er legte eine ſilberne Münze auf den Boden eines Zimmers, nahm ein Pendel, davon er das eine Ende an das rechte Auge hielt, und das andere faſt den Boden berühren ließ. Bey verſchloſſenem linken Auge ſahe er mit dem rechten längſt dem Pendel herunter, und beobachtete, indem er ſich von dem Geldſtücke linker Hand entfernte, mehrere Stellen auf dem Boden, wo ihm das Stück unſichtbar, und andere, wo es wieder ſichtbar ward. Dieß gab eine faſt elliptiſche Figur von der Beſchaffenheit, daß, wenn die Seheaxe innerhalb derſelben fiel, die Münze aus dem Geſichte ſich verlor. Aus den Abmeſſungen derſelben, und den andern hiebey vorkommenden Größen, folgerte Bernoulli, daß der unempfindliche Fleck im Auge ein Kreis ſey, deſſen Durchmeſſer der ſiebente Theil des Durchmeſſers des Augapfels iſt, und deſſen Mittelpunkt, von dem der Oeffnung des Auges entgegengeſetzten Punkte, um $\frac{7}{25}$ dieſes Durchmeſſers entfernt, und ein wenig über der Mitte des Auges erhaben liegt.

Da dieſe Stelle mit dem Eintritte des Sehenerven zuſammentrifft, ſo, folgert er, durfte dieſer nicht mitten auf dem Boden des Auges, der Pupille gerade gegen über, eintreten, weil uns ſonſt alle Gegenſtände durchlöchert erſcheinen würden. Jetzt verlieren wir nur die zur Seite unter einem gewiſſen Winkel, gelegenen Gegenſtände aus dem Geſichte, aber nur mit einem Auge, nie mit beyden zugleich. Ferner, ſagt er, mußte der Sehenerve ſenkrecht eintreten, damit er durch ſeinen Eintritt ſo wenig Raum, als möglich,

y) Commentat. Petrop. vet. T. I. p. 314.

lich, unnütz machte. Gingen die Sehenerven von ihrem Urſprunge gerade nach dem Auge zu, ſo wäre eines dieſer beyden erforderlichen Stücke nothwendig verabſäumt, die jetzt, da ſich die Nerven vor dem Eintritte kreuzen, beyde erhalten werden.

Die gewöhnlichſte Art, dieſen Verſuch zu machen, iſt dieſe: Man befeſtigt an der Wand eines Zimmers drey Stücke Papier etwa zwey Fuß von einander, ſtellt ſich gerade vor das mittlere, und geht allmählig zurück, das eine Auge geſchloſſen, und das andere ſeitwärts nach dem einen Papiere gerichtet, das dem geſchloſſenen Auge gegen über iſt. Alsdenn wird man eine Stelle treffen, die mehrentheils fünfmahl ſo weit von der Wand entfernt iſt, als die Papiere von einander ſind, wo das mittlere Papier ganz verſchwindet, und die beyden äußern völlig ſichtbar bleiben.

Michell [z]) führt noch einige Gründe an, welche beweiſen ſollen, daß der eigentliche Sitz des Sehens die Aderhaut ſey. Damit das Sehen deutlich werde, ſagt er, müſſen die Strahlenkegel, welche von jedem Punkte des Gegenſtandes herkommen, entweder völlig oder faſt genau wieder in übereinſtimmenden Punkten im Auge ſich endigen. Dieſes kann nur auf einer gleichförmig ausgedehnten Oberfläche geſchehen, wofür man die Netzhaut gar nicht gelten laſſen kann, weil ſie eine beträchtliche Dicke hat, durchgehends aus einem gleichförmigen Nervengewebe beſteht, und, wo nicht vollkommen, doch im hohen Grade durchſichtig iſt. Wo man auch in ihr den Vereinigungspunkt der Strahlen hinbringt, ſo werden ſich die Strahlen von ihr

z) Prieſtley Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 149. f.

ihr dieſſeits oder jenſeits ausbreiten. Das Sehen wird mit einem Worte undeutlich ſeyn.

Iſt der Sitz des Sehens auf der innern Seite der Netzhaut, und werden die Bilder der Gegenſtände von den Strahlen ſogleich, wie ſie auffallen, hervorgebracht, ſo müßte wohl eine große Undeutlichkeit durch das zurückgeworfene Licht von der Aderhaut in denjenigen Thieren entſtehen, in welchen dieſe Haut weiß oder farbig iſt. Auf der andern Seite kann aber durch zurückgeworfenes Licht von der Aderhaut das Sehen auch nicht bewirkt werden, weil bey manchen Thieren dieſe Haut völlig ſchwarz iſt, und gar kein Licht zurückſendet. Und dieſe Thiere ſehen noch ſchärfer als andere. Das Sehen, es gehe damit zu, wie es wolle, wird aber doch bey allen Thieren auf dieſelbe Art eingerichtet zu ſeyn angenommen werden müſſen.

Wäre der Sitz des Sehens auf der äußern Seite der Netzhaut zu ſuchen, ſo würde eine weiße Aderhaut nichts helfen, wenn die Seheſtrahlen gerade auffallende ſeyn ſollten; und eine ſchwarze wäre untauglich, wenn es zurückgeworfene ſeyn ſollten.

Noch ein Grund für die Aderhaut iſt der, daß ſie unter allen Membranen in dem ganzen thieriſchen Syſtem, die weiße Haut unter den Schuppen der Fiſche vielleicht ausgenommen, den Eindruck der Lichtſtrahlen am reinſten empfängt; die Netzhaut hingegen empfindet die Wirkung des Lichts entweder gar nicht, oder nur ſchwach. Denn das Licht leidet beym Uebergange aus einem Mittel in das zunächſt daran liegende keine Brechung oder Zurückwerfung, und verliert nichts durch eine Verſchluckung der Strahlen, wenn nicht

die

die beyden Mittel eine verſchiedentlich brechende Kraft haben. Und dieß iſt vermuthlich hier, zwiſchen der Netzhaut und der glasartigen Feuchtigkeit, der Fall nicht. Aeußert aber ein Mittel auf das durchgehende Licht keine Wirkung, ſo erhält es wahrſcheinlich auch keinen Eindruck von dem Lichte, weil beyder Wirkungen ohne Zweifel entgegengeſetzt ſind.

Dazu kommt, daß die Netzhaut ſo liegt, daß ſie noch manchen andern Strahlen, außer denen, die ſich auf ihr vereinigen ſollen, ausgeſetzt iſt. Wozu dieſe, wenn das Sehen auf der Netzhaut geſchieht? Das iſt aber nicht der Fall mit der Aderhaut, die nie durchſichtig iſt, und keine zurückwerfende Haut hinter ſich hat.

Iſt die Aderhaut das Werkzeug des Sehens, ſo können wir gar ſchön den Grund von der Verſchiedenheit ihrer Farbe bey verſchiedenen Thieren, nachdem ſie ihr Geſicht zu brauchen haben, angeben. In allen Landthieren, welche bey Nacht ihr Geſicht nöthig haben, iſt die Aderhaut entweder ganz helle weiß, oder ſonſt lebhaft gefärbt, ſo daß das Licht dadurch ſtark zurückgeworfen wird. Deßwegen brauchen ſie zum Sehen weniger Licht; können aber unmöglich deutlich ſehen, weil die Zurückwerfung der Strahlen ihre Wirkung doppelt macht. Denn ſie muß einen gewiſſen Raum einnehmen, da die Zurückſtrahlung in einer gewiſſen Entfernung von dem zurückwerfenden Körper geſchieht. Dazu kommt, daß die Aderhaut an Thieren überhaupt nicht vollkommen weiß, ſondern bläulich iſt, und alſo geſchickter zum Sehen bey dem blaßfarbigen Lichte des Nachts ſeyn mag.

An den Vögeln hingegen, beſonders an Adlern, Falken und andern Raubvögeln, iſt die Aderhaut meiſten-

ſtentheils ſchwarz, daß ſie alſo, aber nur bey hellem Tageslichte, mit der größten Deutlichkeit zu ſehen im Stande ſind. Die Eule hingegen, welche ihren Raub bey Nacht ſuchen muß, beſitzt eine weiße Aderhaut, wie eine Katze. Endlich hat der Menſch, welcher ſeine Augen unter mancherley Umſtänden braucht, weder eine ſo ſchwarze Aderhaut, wie die Vögel, noch eine ſo weiße, wie die Thiere, welche im Dunkeln müſſen ſehen können.

In Anſehung der de la Hireſchen Meynung bemerkt Michell, daß der Eindruck des Lichts wohl ſchwerlich empfindbar genug ſeyn möchte, wenn die Nerven, das Hauptwerkzeug des Sehens, ihn nicht unmittelbar, ſondern aus der zweyten Hand bekommen. Viel natürlicher ſey es ja, die Aderhaut, wenn ſie den Haupteindruck erhalten hat, denſelben durch ihre eigenen Nerven, deren dazu genug vorhanden ſind, nach dem Gehirne fortpflanzen zu laſſen.

Zur Beſtätigung einer der angeführten Bemerkungen des Herrn Michell, von dem Gebrauche der Aderhaut zum Sehen, dient der von Fabricius ab Aquapendente erzählte Fall einer Perſon, welche bey Nacht recht gut, bey Tage gar nicht ſehen konnte. So ſoll es ſich auch mit den kreidefarbigen Menſchen unter den Schwarzen in Afrika und unter den Einwohnern der Länder von Darien verhalten, die deßwegen Mondaugen genannt werden.

Die gemeine Meynung, daß nämlich der Sitz des Sehens die Netzhaut ſey, ſchienen die anatomiſchen Beſchreibungen zu beſtätigen, welche einige Mitglieder der franzöſiſchen Akademie von verſchiedenen Thieren, beſonders vom Seekalbe und dem Stachelſchweine, herausgaben; als in welchen beyden der Sehenerve in der

der Axe des Auges eintritt. Man hielt es alſo für ausgemacht, daß in dieſen Thieren die Netzhaut auf dem Eintritte des Nerven vollkommen empfindlich ſeyn müſſe [a]). Allein der Herr von Haller zweifelt an der Richtigkeit dieſer Wahrnehmung.

Einen für die Netzhaut nicht unwichtigen Grund führt Zinn [b]) an. Dieſer Anatomiker bemerkt, daß Mariotte's Hypotheſe hauptſächlich darauf beruhe, daß die Aderhaut eine Fortpflanzung der dünneren Haut des Sehenervens ſeyn ſoll. Iſt die Aderhaut dieß nicht, ſo falle jene Hypotheſe von ſelbſt weg. Er beweißt aber, daß die Aderhaut nicht von der dünnen Hirnhaut herkomme; er ſagt nämlich: die Aderhaut hange mit der Hirnhaut, wo ſie ins Auge tritt, vermittelſt eines celluloſen Gewebes zuſammen. Denn bey dem durchſchnittenen Nerven zeige ſich ein weißer Halbkreis, der beyde von einander ſichtbar abſondere. Durch die Maceration laſſe ſich die Aderhaut ohne alle Verletzung ablöſen, woraus die celluloſe Verbindungsart erhelle, und bewieſen werde, daß die Aderhaut eine eigene für ſich abgeſonderte Haut und kein Zweig der dünnen Hirnhaut ſey.

D. Porterfield [c]) bemerkt, daß das Sehen auf dem Orte des Eintritts des Nerven vielleicht deßwegen nicht ſtatt finde, weil er daſelbſt nicht ſo weich und zart iſt, wie er es iſt, wenn er ſich über die Aderhaut ausbreitet; und daß er in den Thieren, bey welchen er in der Mittellinie des Auges eintritt, eben ſo zart,

a) *Porterfield* on the eye. Vol. II. p. 252.

b) Deſcriptio anatom. oculi humani. Gotting. 1755. 4. p. 37.

c) On the eye. Vol. II. p. 254.

zart, und alſo vermuthlich eben ſo empfindlich, wie an andern Stellen, gefunden werde.

Der Herr von Haller[d]) bemerkt, daß die Aderhaut nicht das allgemeine Werkzeug des Sehens ſeyn könne, weil ſie bey Menſchen und Vögeln, beſonders aber bey Fiſchen, inwendig mit einem ſchwarzen Schleime bedeckt iſt, wodurch die Strahlen nicht dringen können. Der ganze Verſuch von Mariotte, ſagt Haller, beweißt nichts. Denn an der unempfindlichen Stelle iſt eigentlich keine Netzhaut vorhanden, ſondern eine weiße, celluloſe und poröſe Haut, die zum Sehen untauglich ſeyn kann, ohne daß es die Netzhaut auch iſt. Wenn auch die Strahlen durch den ſchwarzen Schleim auf der Aderhaut dringen ſollten, ſo würden ſie doch auf die dunkelbraune, zottige, und lederartige Oberfläche der Ruyſchiſchen Lamelle der Aderhaut treffen, und darunter eine unzählige Menge kleiner Gefäße, aber keine oder wenig Nerven finden, ſo daß nirgends ein vollſtändiges zuſammenhangendes Bild entworfen werden kann.

Ueberhaupt ſcheint es auch der Analogie der andern Sinneswerkzeuge angemeſſener zu ſeyn, den eigentlichen Sitz der Empfindungen in die Nerven zu ſetzen, welche die Netzhaut, die doch dem unmittelbaren Eindrucke des Lichts ausgeſetzt iſt, in unendlicher Menge enthält. Es ſcheint daher ausgemacht zu ſeyn, den eigentlichen Sitz des Sehens auf der Netzhaut anzunehmen.

Einige artige Beobachtungen, welche das Sehen betreffen, machte der Herr von Buffon an den ſogenannten zufälligen Farben. Er unterſcheidet näm-

d) Phyſiologia. Vol. V. p. 474.

nämlich diejenigen Farben, welche dem Lichte eigenthümlich ſind, von denjenigen, welche auf die beſondern Umſtänden des Auges ankommen, und deren Zuſammenhang mit den natürlichen er zu entwickeln ſich bemüht.

Als er eine lange Zeit ein rothes Viereck e) auf einem weißen Grunde ſtarr angeſehen hatte, entſtand um daſſelbe ein blaßgrüner Rand, und wie er die Augen von dem rothen Vierecke weg auf den weißen Grund wandte, zeigte ſich darauf ein ſanft grünes, etwas ins blaue fallende Viereck. Auf eben die Art brachte Gelb auf weißem Grunde ein blaſſes Blau; Grün auf weißem Grunde ein blaſſes Purpur; Blau auf Weiß ein blaſſes Roth; Schwarz auf Weiß ein helleres Weiß als der Grund ſelbſt, worauf das Schwarze lag; und Weiß auf Schwarz ein dunkleres Schwarz hervor. Dieſe Verſuche wurden mit matten Farben angeſtellt, mit glänzenden Farben nahmen ſie ſich aber weit beſſer aus.

Als er ſeine Augen lange Zeit auf ein lebhaftes rothes Viereck auf weißem Grunde gerichtet hielt, ſahe er erſtlich den vorher erwähnten blaßgrünen Rand um daſſelbe; und als er es anzuſehen fortfuhr, verfärbte ſich das Viereck in der Mitte, ward aber an den Seiten noch tiefer Roth. Er zog ſich ein wenig zurück, beſtändig mit unverwandtem Blick auf das Viereck, und nun theilte ſich der tief gefärbte rothe Rand des Vierecks an jeder Seite in zwey Theile, daß dadurch über daſſelbe ein eben ſo tiefrothes Kreuz gezogen zu werden ſchien. Er fuhr noch immer fort darauf

e) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1743.

darauf zu ſehen, und das Ganze verwandelte ſich in ein Rechteck, von gleicher Höhe mit dem Viereck, aber nur den ſechſten Theil ſo breit, und ſo lebhaft roth, daß es die Augen verblendete.

Als er ſeine Augen von da weg auf eine andere Stelle des weißen Grundes wandte, ſahe er daſelbſt das Bild dieſes Rechtecks genau abgezeichnet, und lebhaft grün gefärbt. Dieſer Eindruck dauerte lange Zeit, nahm nur allmählig ab, und blieb noch im Auge zurück, wenn es geſchloſſen war. Dergleichen Erſcheinungen nahm er auch wahr, wenn er auf dieſelbe Art auf ein gelbes, ſchwarzes oder ſonſt gefärbtes Viereck ſahe; der letzte Eindruck von einem gelben Vierecke war ein blaues Rechteck, und von einem ſchwarzen Vierecke ein weißes Rechteck. Dieſe Verſuche ließ er von einigen Freunden nachmachen, und ſie ſahen alle mit ihm dieſelben Erſcheinungen.

Er fand auch, daß die zufälligen Farben ſich änderten, ſo wie ſie ſich mit den natürlichen vermiſchten, und zwar nach denſelben Regeln, welche die letztern beobachten. Denn wenn eine zufällige grüne Farbe, welche von einer natürlichen rothen hervorgebracht war, auf einen hellen rothen Grund fiel, ſo verwandelte ſich das grüne in gelb; desgleichen wenn ein zufälliges blau, welches von einem lebhaften gelb entſtanden war, auf einen gelben Grund fiel, ward es grün.

Uebrigens bemerkt Buffon noch, daß ſchon D. Jurin einige hieher gehörige Beobachtungen aufgezeichnet habe.

Aepinus [f]) hat ebenfalls einige genaue Beobachtungen über die zufälligen Farben angeſtellt, woraus er

f) Obſervationes quaedam ad opticam pertinentes in Comment. Petrop. nov. T. X. p. 282.

er folgende Sätze zieht. Der lebhafte Eindruck, welchen das Auge durch das Anſchauen der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers erhält, ſo lebhaft als es ihn nur vertragen kann, ſtellt zuerſt ein gelbes, alsdann ein grünes, und darauf ein blaues Bild dar; d. i. die Nerven kommen, nachdem die weißen Strahlen darauf zu wirken aufgehört haben, in eben den Zuſtand, in welchen die Strahlen, welche die Empfindung der gelben, grünen, blauen Farbe erregen, ſie verſetzen würden. Als er einen weißen Gegenſtand betrachtete, während der von der Sonne in ſeinem Auge gemachte Eindruck noch fortdauerte, ſchien er ihm bräunlich zu werden, und mehr oder weniger ins Rothe zu fallen. Ueberdem bemerkte er auch, daß dieſes Bild der Sonne ſich auf der Netzhaut etwas erweiterte, weil ein Raum jenſeits der Grenze des Bildes auf eben die Art gerührt ward, als es durch die Wirkung der rothen Strahlen geſchehen ſeyn würde; wenn er aber das Bild der Sonne auf einen weißen Gegenſtand fallen ließ, ward die Einfaſſung blau.

Während dieſer Beobachtung nahm er wahr, daß ein weißer Gegenſtand, den er aufmerkſam betrachtete, während der Eindruck des Sonnenbildes in ſeinem Auge noch fortdauerte, plötzlich verſchwand, aber wieder ſichtbar ward, als er ihn nicht mehr ſo ſtarr anſahe; eine Erſcheinung, die von dem Zuſtande, in welchen die Nerven verſetzt waren, herrühren mußte, die er aber nicht völlig erklären zu können eingeſteht.

Dieſe Beobachtungen ſind ſehr übereinſtimmend mit dem, was de la Hire [s]) anführt, daß das Bild

s) Sur les diff. accidens de la vue. Mém. de Paris 1694.

Bild der Sonne oder eines andern leuchtenden Körpers, den man eine Zeitlang beobachtet hat, wenn man die Augen verſchließt, zuerſt roth, dann gelb, grün und zuletzt blau werde. Man ſieht hieraus, daß der Eindruck des Lichts, wenn ihn der Gegenſtand ſelbſt nicht mehr unterhält, allmählig ſchwächer wird, und erkennt zugleich die Ordnung, in welcher die Farben in Abſicht auf die Stärke ihrer Wirkung im Auge abnehmen.

Prieſtley h) führt an, Hey habe ihm erzählt, daß eine Patientinn, welche von einem vollkommen ſchwarzen Staare geheilt war, das Feuer, wie ſie es zum erſtenmale erblickte, blau geſehen habe; er habe aber keine Gelegenheit gehabt, ſich zu erkundigen, ob dieß Ereigniß etwas gewöhnliches wäre oder nicht. Darin ſtimme es aber mit de la Hire's und Anderer Wahrnehmungen überein, daß der letzte und ſchwächſte Eindruck von den Bildern ſehr heller Sachen auf das Auge die Empfindung des Blauen verurſacht.

Die Eindrücke des Lichts auf das Auge ſind, wie ſich jeder ſehr leicht überzeugen kann, von einer gewiſſen Zeitdauer. D'Arcy i) hielt es der Mühe werth, genauer zu beſtimmen, wie lange der Eindruck unter verſchiedenen Umſtänden dauert. Zu dieſer Abſicht erdachte er ſich eine Maſchine, welche aus einem Kreuz beſtand, das ſich vermittelſt eines Rades und eines Gewichts um ſeine Axe drehte, mit einer Geſchwindigkeit, die er nach Belieben verändern, und aufs genaueſte meſſen konnte. Die Bewegung dieſer Maſchine zu beobachten, ſtellte er Jemanden 28 Toiſen weit davon in ein Zimmer, in welches kein Licht, als von einer

h) Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 452.

i) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1765.

ner auf dem Kreuze befeſtigten glühenden Kohle kommen konnte, und der Verſuch ward bey Nacht angeſtellt, mit aller Vorſicht, die ſich nur erdenken ließ. Er fand, daß die Kohle einen ununterbrochenen Kreis zu beſchreiben ſchien, wenn ſie ihren Umlauf in 40 oder 41 Sekunden vollendete, und daß bey einer geringern Geſchwindigkeit der Kreis nicht voll ward. Es war gleichgültig, in welcher Entfernung von dem Mittelpunkte des Kreuzes die Kohle befeſtigt war, ob die Maſchine durch ein Teleſkop, oder auf eine andere Art betrachtet wurde. Auch war es einerley, in welcher Weite ſich der Beobachter von ihr ſtellte. Aus dieſem Verſuche folgert d'Arcy, daß der Eindruck des Lichts auf das Auge etwa 36 Sekunden daure.

Uebrigens giebt d'Arcy noch folgendes an, welches durch Verſuche weiter auszumachen wäre: 1. ob die verſchiedene Stärke des Lichts nicht einen merklichen Unterſchied in der Dauer des Eindrucks verurſachen würde; 2. ob die verſchiedenen Entfernungen des Beobachters hiebey etwas thun mögen. Denn es hatte zwar bey der Beobachtung des ganzen Kreiſes derjenige, den er 28 Toiſen weit entfernt hatte, und er ſelbſt in einer Entfernung von 3 Fuß keinen Unterſchied in der nöthigen Geſchwindigkeit bemerkt; allein, wenn er bloß auf einen Theil des Kreiſes acht gab, ſo fand er für ſich eine geringere Geſchwindigkeit nöthig, als für jenen erfordert ward; 3. ob die verſchiedene Farbe des Lichts einen Einfluß auf die Dauer des Eindrucks hätte. Das ſchlechte Wetter hinderte ihn, ſeine Verſuche fortzuſetzen. Aus den wenigen Proben, die er machen konnte, erhellte ſo viel, daß weiße Körper eine kreisförmige Erſcheinung bey derſelben Winkelgeſchwin-

digkeit, wie eine glühende Kohle, hervorbrachten. Auch ſchlägt er vor, den Verſuch durch mehrere Perſonen anſtellen zu laſſen, wiewohl dieß nicht ohne Schwierigkeit ſeyn werde, und wünſcht, daß andere ſeine Beobachtungen wiederholen, und einer weitern Prüfung unterwerfen möchten.

Die Bemerkung, daß ſich der Augenſtern bey einfallendem ſtarken Lichte zuſammenziehe, iſt ſchon früh gemacht worden. Hartley[k]) ſchreibt dem in das Auge fallenden Licht ein Vermögen zu, ſowohl den größern als kleinern Ring der Regenbogenhaut zuſammen zu ziehen, und beruft ſich deßwegen auf die Unbeweglichkeit des Sterns bey dem ſchwarzen Staare; führt auch an, daß ſolchergeſtalt das Licht, wenn es den kleinern Ring zuſammenzieht, ſich ſelbſt Maas und Schranken ſetzt, um nicht zu ſtark für das Auge zu werden, welches mit dem Verfahren der Natur in ähnlichen Fällen übereinſtimmt. Die Netzhaut, ſagt er, erſtreckt ſich bisweilen bis zu dem größern Ringe, und einige Nervenäſte mögen wohl bis dahin, und ſelbſt bis in die Regenbogenhaut fortlaufen.

Auch Whytt[l]) iſt der Meynung, daß die Zuſammenziehung des Sterns nicht aus einer Wirkung des Lichts auf die Regenbogenhaut ſelbſt, ſondern auf die Netzhaut entſteht, weil man finde, daß alles, was die Lichtſtrahlen verhindert, auf die Netzhaut zu kommen, auch eine ungewöhnliche Erweiterung des Sterns verurſache. So verliere bey dem grauen Staare, wenn die kryſtallene Linſe nicht undurchſichtig geworden und einen großen Theil der Strahlen auffängt, der Stern ſehr viel von ſeinem Vermögen ſich zuſammen

zu

k) Obſervations of Man. Vol. I. p. 219.
l) Eſſay on vital and involuntary motions. p. 112.

zu ziehen. Auch ſieht er die in Ohnmachten, bey einem Schlage und einem verhärteten ſchwarzen Staare bemerkte größere Oeffnung des Sterns als einen Beweis an, daß zu der ſtärkſten Erweiterung deſſelben der Einfluß der Seele nicht erfordert wird, ſondern daß hiezu das Zuſammenziehungsvermögen der der Länge nach hinlaufenden Fibern auf der Traubenhaut hinlänglich iſt, ohne daß die kreisförmigen Muskeln durch die Wirkung des Lichts auf die Netzhaut gereizt werden.

Da man aber nicht beweiſen kann, daß die Faſern und Ringe der Regenbogenhaut aus Muskeln beſtehen, ſondern die beſten Anatomiker ſie nur für Gefäße halten, ſo hat Weitbrecht [m]) eine andere Urſache der Erweiterung und Verengerung der Pupille, um mehr oder weniger Licht ins Auge zu laſſen, aufgeſucht, und giebt als ſolche die Bewegung der Regenbogenhaut vorwärts oder rückwärts an, als wodurch die Oeffnung kleiner wird, wenn dieſe Haut nahe an der Kryſtalllinſe hängt, ſo wie ſie durch deren Ausſpannung nach der Hornhaut hin ſich erweitert. Dieß erfordert eine bloß mechaniſche Ausdehnung des Ringes, ohne daß die Kraft gewiſſer Muskeln dabey nöthig iſt, und die Bewegung der Regenbogenhaut kann, wie Weitbrecht meint, von einer Bewegung der wäſſerichten Feuchtigkeit entſtehen, wenn ſie aus einer der beyden Kammern in die andere tritt. Dazu möge ſie etwa von einer Wirkung des Lichts auf die glasartige Feuchtigkeit, oder auf die Gefäße, welche dieſe enthalten, veranlaßt werden, ſo daß dieſe erſtlich die Kryſtalllinſe, und vermittelſt derſelben die wäſſerige Feuchtigkeit vorwärts drucken. Die phyſikaliſche

m) Comment. Petrop. Vol. XIII. p. 349.

ſche Urſache dieſer Vorgänge, geſteht er ſelbſt, wiſſe er nicht hinlänglich zu erklären.

Der Herr von Haller [n]) erklärt die Erweiterung und Verengerung der Pupille bey dem ſtärker und ſchwächer einfallenden Licht auf dieſe Art. Er ſagt, der Reiz des Lichts auf der Netzhaut erregt einen plötzlichen Zuſammenfluß der Feuchtigkeiten in die Gefäße und Fäſerchen der Regenbogenhaut; dadurch wird dieſe einwärts getrieben, indem ſich die geſchlängelten Falten der Gefäße und die zellenförmigen Streifen ausdehnen und gerader machen; die Regenbogenhaut wird breiter und die Oeffnung enger. Auf ſolche Art läßt ſich zugleich auch die Bewegung der Iris an den Katzen und andern Thieren, in deren Augen die Oeffnung eine länglichte Spalte iſt, erklären. Der natürliche Zuſtand der Regenbogenhaut und der Oeffnung des Auges würde alſo ſeyn, daß jene ſchmal, dieſe weit wäre, und würde nicht ohne eine gewiſſe Gewalt durch reizende Kräfte geändert werden. Es ſcheint hier etwas ähnliches, wie bey den Entzündungen vorzugehen, da eine Entzündung die Arterien und das zellenförmige Gewebe anſchwellt, und gleichfalls von einem Reize entſteht, ſo wie das Licht einen Reiz verurſacht, weil es, wenn es zu ſtark wird, das ganze Werkzeug des Sehens zerſtören kann. Iſt das Licht etwas zu ſtark, ſo iſt die Veränderung des Zuſtandes der Regenbogenhaut mit einem ſchmerzhaften Gefühle verbunden, dergleichen man empfindet, wenn man in die Sonne ſieht. Zur Erläuterung führt Haller eine von ihm gemachte merkwürdige Wahrnehmung an. An einer erſäuften jungen Katze war 23 Stunden nach ihrem Tode die Oeffnung des Auges ſehr groß, und man ſahe durch

n) Phyſiologia. Vol. V. p. 367 ſqq.

ſie die faſt undurchſichtige Linſe. Er wollte nach Petit's Art dieſe Undurchſichtigkeit durch die gelinde Wärme eines Ofens vertreiben, als er ſchon nach einer Minute fand, daß die Oeffnung des Auges feſt geſchloſſen war, ſo wie ſie es bey dieſem Thiere zu ſeyn pflegt; dagegen die Regenbogenhaut ſehr groß, und der ſägenſchneidige Bogen der gelben Streifen auf ihr aufs ſchönſte zu ſehen war. Alſo hatte noch lange nach dem Tode der Reiz der Wärme die Kräfte, welche die Iris erweitern, in Bewegung geſetzt.

Die einförmigen Fibern, fährt er fort, welche die Meiſten an dem innern Ringe der Regenbogenhaut und der Traubenhaut haben finden wollen, habe er mit ſeinen kurzſichtigen aber guten Augen, und mit ſtarken Vergrößerungsgläſern vergebens geſucht; auch die geraden Fibern, welche nach manchen zur Erweiterung des Sterns dienen ſollen, trage er Bedenken anzunehmen. Nach ſeinen eigenen ſorgfältig angeſtellten Verſuchen ſey die Regenbogenhaut an einem lebenden Thiere ohne alle Reizbarkeit, und werde ſelbſt von den Lichtſtrahlen, die vermittelſt eines papiernen Kegels bloß auf dieſe Haut geleitet werden, nicht bewegt, da doch die Reizbarkeit einem Muskel weſentlich zukomme. Auch führt er ein Beyſpiel an, da die Regenbogenhaut ohne alle Schmerzen zerſchnitten iſt.

Uebrigens erinnert Haller, daß dieſe von ihm angeführte Meynung gewiſſer Maaßen ſchon Mery und Schrebbeare vorgetragen haben.

Daß die Zuſammenziehung der Pupille nicht von dem auf die Regenbogenhaut fallenden Lichte, ſondern von demjenigen entſteht, das durch die Oeffnung auf die Netzhaut kommt, beweißt Lambert o) durch einen

o) Photometria. p. 371.

nen Verſuch. Er ließ nämlich durch ein Linſenglas das Bild einer Lichtflamme bloß auf die Regenbogenhaut eines ſeiner Augen fallen, und betrachtete dieſes ſowohl als das andere in einem Spiegel; beyder Oeffnungen waren ohne alle merkliche Verſchiedenheit gleich groß. Sobald aber noch ſo wenig von dem Lichte des Bildes auf die Oeffnung ſelbſt fiel, ward die Oeffnung den Augenblick kleiner, und mehr als dreymahl ſo klein als des andern Auges Oeffnung, wenn das ganze Bild der Flamme darauf fiel.

Ueber die Fähigkeit des Auges, Gegenſtände auch in ungleichen Entfernungen deutlich zu ſehen, hat le Rot die von allen längſt verworfene Meynung des de la Hire (Th. III. S. 151.) wieder zu vertheidigen geſucht. Die Kryſtalllinſe, ſagt er, könne ſich vermittelſt der ligamenta ciliaria nicht verrücken, weil dieſe viel zu ſchwach dazu ſeyen. Auch ſeyen ſie nicht, wie man gewöhnlich angenommen habe, an die Kapſel der Linſe befeſtigt, ſondern lägen noch ein gutes Theil über der Vorderfläche hin, ohne ſich dicht daran zu ſchließen. Auch ſeyen dieſe Fibern nicht muskulös, ſondern beſtänden nur aus Ramificationen von Gefäßen, welche allem Anſcheine nach zu nichts anderm dienen, als eine wäſſerichte Feuchtigkeit abzuſondern, und die Oberfläche der Kryſtalllinſe ſchlüpfrich zu erhalten. Daß ferner nichts als eine Verminderung der Oeffnung des Auges erfordert werde, ſehr nahe Gegenſtände deutlich zu ſehen, erhelle aus der Erfahrung. Denn um einen Gegenſtand deutlich zu erkennen, brauche man nur eine künſtliche Augenöffnung, ein Loch in einem Kartenblatte, zu nehmen, ſo könne man eine ſolche Sache vollkommen bequem und deutlich erkennen. Wenn in einem künſtlichen Auge das Bild des Ge-

gen-

genſtandes undeutlich ſey, ſo dürfe man nur die Oeffnung verkleinern, um es deutlich und gut begrenzt zu erhalten [p]).

Allein le Roi fiel nicht darauf, daß bey einer kleinen Augenöffnung die Grundflächen der von jedem Punkte des Gegenſtandes herkommenden Lichtkegel kleiner werden, daß mithin der Zerſtreuungskreis, oder der Raum, in welchem ſie ſich ausbreiten, auf der Netzhaut kleiner werde. Es dient alſo überhaupt die Verkleinerung der Augenöffnung wider die Undeutlichkeit, der Gegenſtand mag entweder zu nahe, oder zu entfernt vom Auge liegen. Bey der Betrachtung ſehr entfernter Gegenſtände aber wird der Augenſtern nicht zuſammengezogen, ſondern vielmehr erweitert, weil ſonſt keine hinreichende Menge Licht wegen der nöthigen Helligkeit in's Auge kommt. Sind die Objekte nahe und helle genug, ſo mag wohl die Verengerung der Pupille zur Deutlichkeit dienen; allein die Undeutlichkeit ſehr entfernter Gegenſtände zu heben, dazu müſſen noch andere Hülfsmittel angewendet werden.

Porterfield [q]) zeigte dagegen durch eine Reihe von Verſuchen, daß unſer Auge wirklich das Vermögen beſitze, ſich zu verändern, und ſich zum deutlichen Sehen in verſchiedenen Entfernungen geſchickt zu machen; wie auch, daß ſich dieſe Veränderung nach einer gewiſſen Bewegung der Augenaxen richtet, mit der ſie durch Uebung und Gewohnheit verknüpft iſt. Zur nähern Unterſuchung dieſes Gegenſtandes ſetzt er folgende Grundſätze feſt:

1. Wenn

p) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1755.
q) On the eye. Vol. I. p. 408 ſqq.

1. Wenn ein Gegenſtand, welchen man mit beyden Augen ſieht, doppelt erſcheint, weil ſeine Entfernung kleiner iſt, als diejenige des Punkts, worauf die Augenaxen gerichtet ſind, ſo wird, wenn eins von den Augen geſchloſſen wird, die Erſcheinung auf der Seite des andern Auges verſchwinden; erſcheint er aber doppelt deßwegen, weil ſeine Entfernung größer iſt, als diejenige des Punkts, auf welchen die Augenaxen gerichtet ſind, ſo wird, wenn eins von den Augen geſchloſſen wird, die Erſcheinung auf derſelben Seite mit dieſem Auge verſchwinden.

2. Wenn ein Gegenſtand mit einem Auge geſehen doppelt erſcheint, weil er durch zwey kleine Löcher, in einem Kartenblatte oder ſonſt in einem dünnen undurchſichtigen Körper, betrachtet wird, und es iſt eine Entfernung größer, als diejenige, auf welche das Auge eingerichtet iſt, ſo wird, wenn eines von den Löchern bedeckt wird, die Erſcheinung auf derſelben Seite verſchwinden; iſt aber die Entfernung kleiner als diejenige, worauf das Auge eingerichtet iſt, ſo wird, wenn eins der Löcher bedeckt wird, die Erſcheinung auf der andern Seite verſchwinden.

Den Beweis des erſten dieſer beyden Sätze kann man leicht finden, wenn man bedenkt, daß das Bild einer Sache auf der geraden Linie von derſelben nach dem Auge, welches es betrachtet, liegt, und daß dieſe Linien ſich durchkreuzen, wenn das Auge nach einer Stelle jenſeits der Sache, welche doppelt erſcheint, gerichtet iſt. Der andere Satz wird aus der Anführung der von D. Motte zu Danzig angeſtellten Verſuche erhellen.

Das Vermögen des Auges, ſich ſelbſt zum deutlichen Sehen der Gegenſtände in verſchiedenen Entfernungen

nungen einzurichten, ohne die Zuſammenziehung des Sterns zu Hülfe zu nehmen, erwies Porterfield auf folgende Art: er nahm eine kleine zinnerne Platte (fig. 67.) ik, in welche er zwey parallele enge Einſchnitte machte, deren Entfernung nicht größer, als die Weite des Augenſterns war. Dieſe Einſchnitte ließen mehr Licht durch, als durch kleine Löcher gegangen wäre, und waren daher zu ſeiner Abſicht geſchickter als dieſe, weil es nöthig war, daß der Gegenſtand Helligkeit genug hatte. Dieſe Platte hielt er nahe vor ſeinem rechten Auge b, die Einſchnitte in ſenkrechter Lage, und ſahe durch ſie, bey verſchloſſenem linken Auge h, nach einem kleinen Gegenſtande o, der ebenfalls ſenkrecht ſtand, und alſo parallel mit den Einſchnitten war. Bey dieſem Verſuche war der Gegenſtand o in einer ſolchen Entfernung von dem Auge b, daß er durch die Einſchnitte betrachtet einfach erſchien; allein wie beyde Augen offen, und nach einem entferntern Punkte p gerichtet waren, zeigten ſich drey Erſcheinungen a, d und c, die näher, oder weiter von einander waren, nachdem der Punkt p näher bey o oder weiter davon entfernt war; und von dieſen verſchwand die zu dem Auge h gehörige Erſcheinung auf der andern Seite von demſelben, wenn dieſes Auge geſchloſſen ward. Schloß er das rechte Auge b, ſo verſchwanden die Erſcheinungen linker Hand d und c, die zu dem rechten Auge gehörten; welches ihm vermöge des erſten Satzes bewies, daß die Entfernung des Gegenſtandes o kleiner als diejenige des Punkts war, nach welchem die Augen gerichtet waren. Nun mußte er auch unterſuchen, ob die doppelte Erſcheinung d und c, die er durch die Einſchnitte ſah, auch von einem Gegenſtande herkäme, der näher bey dem Auge wäre, als der Punkt, nach deſſen Entfer-

fernung das Auge eingerichtet war; er fand dieß auch richtig, weil die Erſcheinung immer auf der entgegengeſetzten Seite desjenigen Einſchnittes verſchwand, welchen er bedeckte, wie es nach dem zweyten Satze erfolgen muß.

Hierauf veränderte er die Richtung ſeiner Augen ſo, daß ſie nunmehr nach einem nähern Punkte x, als der Gegenſtand o, gekehrt waren, und ſahe unter dieſen Umſtänden den Gegenſtand dreyfach, bey g, e und f. Dieſe drey Bilder ruckten zuſammen, oder entfernten ſich von einander, ſo wie der Punkt x näher an o oder weiter davon ruckte, lagen aber in einer Ordnung, die der im vorigen Falle entgegengeſetzt war. Denn die Erſcheinung f, welche das linke Auge f beobachtete, lag an der linken Seite, und die beyden g und e, welche er durch die Einſchnitte ſah, lagen auf der rechten Seite; zum Beweiſe, daß die Entfernung des Gegenſtandes o größer war, als diejenige, worauf das Auge ſich eingerichtet hatte. Er bedeckte einen der Einſchnitte mit ſeinem Finger, und fand, daß die auf derſelben Seite mit dem Einſchnitte liegende Erſcheinung allemahl verſchwand, woraus nach dem zweyten Satze folgte, daß der Gegenſtand o in einer größern Entfernung ſich befand, als diejenige war, worauf ſich das Auge eingerichtet hatte.

Bey dieſem, ſo wie bey allen übrigen Verſuchen, war es nothwendig, daß der Gegenſtand ſo helle als möglich war. Den beſten Dienſt that eine enge Spalte in einer undurchſichtigen Laterne, in welche ein brennend Licht geſetzt war.

Aus dieſen Verſuchen ergab ſich die Richtigkeit desjenigen, was er darthun wollte. Denn wenn die

Augen

Augen nach p gerichtet waren, ſo ſchien der Gegenſtand o durch die Einſchnitte doppelt; und die Bedeckung eines derſelben gab zu erkennen, daß das Auge auf eine zu große Entfernung eingerichtet war. So wie p näher nach o ruckte, näherten ſich die Erſcheinungen einander immer mehr und mehr, bis ſie zuletzt, da p ſehr nahe an o kam, bey o zuſammenfielen, zum Beweiſe, daß das Auge auf dieſe Entfernung eingerichtet war. Wurde aber p auf der andern Seite von o nach ox hin bewegt, ſo ſchien o durch die Einſchnitte wieder doppelt, und weil die Ordnung dieſer Erſcheinungen derjenigen entgegengeſetzt war, die ſie hatten, wie p jenſeits o lag, ſo folgte, daß das Auge auf eine zu kurze Entfernung eingerichtet war. Dabey entfernten ſich dieſe Erſcheinungen immer mehr und mehr von einander, je weiter p von o nach x hin ſich bewegte. Aus allen dieſen iſt klar, daß dieſe Bewegungen, wodurch die Einrichtung des Auges geändert wird, eine nothwendige Verbindung mit gewiſſen übereinſtimmenden Bewegungen der Augenaxen haben; daß es uns daher unmöglich wird, unſere Augen auf einen innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenſtand zu richten, ohne ihnen zugleich die Einrichtung zu ertheilen, welche zum deutlichen Sehen in dieſer Entfernung erfordert wird.

Hiebey iſt aber zu bemerken, daß aus andern ähnlichen Verſuchen ſich ergab, das Auge irre ſich oft in Anſehung der Entfernung der Gegenſtände, wenn ſie durch die Einſchnitte geſehen werden. Wenn ſie gleich innerhalb den Grenzen des deutlichen Sehens ſich befanden, ſo ſchienen ſie doch oft doppelt. Hätte ſich die Seele in Abſicht der Entfernung nicht geirrt, ſo würde das Auge ſich nach der Entfernung eingerichtet

haben, und die Sache einfach erſchienen ſeyn. Darum, ſagt Porterfield, ſieht man einen innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens befindlichen Gegenſtand immer nur einfach mit beyden Augen, weil dieſe ſich nach der Entfernung einrichten, die man vermittelſt des Winkels der Sehearen mißt.

Auch bemerkte Porterfield noch, daß, wenn er den Gegenſtand bloß mit einem Auge durch die Einſchnitte ſah, und dieſer nicht weit über die nächſte Grenze des deutlichen Sehens hinauslag, er ihn entfernter ſchätzte, als er wirklich war, wenn er ſich in dem Maaße der Entfernung irrte. War aber der Gegenſtand nicht viel näher, als die entfernteſte Grenze des deutlichen Sehens, und er betrog ſich alsdenn in der Schätzung der Entfernung, ſo hielt er ihn für näher, als er wirklich war.

Auch führt er noch an, daß nach dem, was dieſe Verſuche ergeben, ein Werkzeug ſich ausarbeiten ließe, womit die Grenzen des deutlichen Sehens, und die Stärke oder Schwäche des Geſichtsvermögens ſehr genau beſtimmt werden könnten, und das daher ein Optometer genannt werden möchte.

Durch dieſe Verſuche ſcheint alſo erwieſen zu ſeyn, daß das Auge ein Vermögen beſitzt, ſich auf verſchiedene Entfernungen einzurichten. Wie aber dieſes bewerkſtelligt werde, darüber ſind diejenigen uneinig, welche dem Auge dieſe Fähigkeit zuſchreiben, ohne eine Veränderung der Oeffnung anzunehmen.

Einige haben behauptet, die Kryſtalllinſe werde durch die Wirkung gewiſſer muskulöſer Fibern, woraus ſie unter andern mit beſtehe, flacher oder erhabener. Allein dagegen bemerkt Porterfield, daß die

die Kryſtalllinſe zwar aus vielen dünnen concentriſchen Blättchen oder Schuppen zuſammengeſetzt ſey, aber die Einrichtung derſelben möge nicht ſehr geſchickt ſeyn, eine veränderte Figur der Linſe hervorzubringen, und wenn dieß ja ſtatt finden ſollte, ſo ſey es noch nicht bewieſen, daß dieſe Fibern muskulös und einer Zuſammenziehung fähig wären.

Nach ſeiner Meynung erhält die Kryſtalllinſe vermittelſt des ligamentum ciliare eine Bewegung, und wird der Netzhaut näher geruckt, oder von ihr entfernt. Dieſes Ligament, ſagt er, iſt ein Werkzeug, deſſen Bau und Anlage es ſehr geſchickt machen, die Linſe zu verſchieben, und ſie von der Netzhaut zu entfernen, wenn die Gegenſtände uns zu nahe liegen. Denn, indem es ſich zuſammenzieht, ſchiebt es nicht allein die Linſe ſelbſt vorwärts, ſondern druckt auch die dahinter liegende glasartige Feuchtigkeit zuſammen, ſo daß dieſe wiederum gegen die Linſe drängt, und ſie von der Netzhaut abwärts treibt. Auch bemerkt er, daß die Fibern, woraus dieß Ligament beſteht, nicht nach der geraden Linie ausgeſpannt ſind, ſondern eine krumme Linie bilden, weßwegen ſie, wenn ſie ſich zuſammenziehen, ſich den geraden Linien mehr nähern müſſen, ſo daß die Höhlung vermindert, die glasartige Feuchtigkeit zuſammengedruckt, und folglich die Linſe mehr vorwärts geſchoben wird. Hiezu kömmt noch, daß die Linſe, wenn ſie vorwärts getrieben wird, die wäſſerichte Feuchtigkeit gegen die Hornhaut druckt, wodurch dieſe Haut, wegen ihrer Biegſamkeit, erhabener gemacht wird, und die Deutlichkeit naher Gegenſtände befördert.

Zum Beweiſe, daß eine Veränderung in der Lage der Linſe das Mittel iſt, wodurch die Deutlichkeit des Sehens

in verſchiedenen Entfernungen erhalten wird, führt Porterfield die Erfahrungen an ſolchen Perſonen an, welchen der Staar geſtochen iſt. Dieſe können nicht mit ein und derſelben Staarbrille in verſchiedenen Entfernungen deutlich ſehen, ſondern müſſen ſich verſchiedentlich erhabener Gläſer nach Maasgabe der Entfernungen der Gegenſtände bedienen.

Gegen den Einwurf des de la Hire und anderer, unter welchen beſonders die berühmten Anatomiker von Haller und Zinn ſind, daß nämlich das ligamentum ciliare nicht muskulös ſey, und mithin kein Vermögen zum Zuſammenziehen beſitze, antwortet Porterfield, daß dieſe Männer ſich durch einen irrigen Begriff von der Farbe der Muſkeln, als wenn ſie nothwendig roth ſeyn müßte, hätten verleiten laſſen. Dieß ſey aber keinesweges nothwendig, indem die muſkulöſen Fibern der Eingeweide und des Magens ſchwerlich das geringſte Roth bey ihrer Farbe beygemiſcht hätten. Auch ſey es ausgemacht, daß die Regenbogenhaut ſich nach Maasgabe der Helligkeit der Gegenſtände erweitere und verengere, ohne daß die Fibern, vermittelſt welcher dieß geſchehe, im geringſten roth wären.

Auch hat man die Behauptung, daß das deutliche Sehen in verſchiedenen Entfernungen durch eine Verrückung der Kryſtalllinſe erfolgen ſollte, dadurch widerlegen wollen, daß dieſe Verruckung zu der zu erhaltenden Abſicht doch noch unzulänglich bleibe. Dagegen erinnert aber Porterfield, daß alle ſolche Rechnungen ſich auf die Ausmeſſungen der verſchiedenen Theile des Auges, ihrer Entfernungen von einander, und der brechenden Kräfte der Feuchtigkeiten grün-

gründen, wovon keine mit gehöriger Genauigkeit beſtimmt werden könne, daher alſo dieſer Einwurf nicht von Wichtigkeit ſey. Geſetzt aber auch, die Linſe könne ſich von der Netzhaut nicht ſo weit entfernen, um in der möglichſt kleinſten Entfernung noch deutlich zu ſehen, ſo werde doch das Fehlende durch die größere Rundung der Hornhaut erſetzt werden. Denn durch das Vorrucken der Linſe werde nicht allein ihre Entfernung von der Netzhaut größer, ſondern die Hornhaut werde auch erhabener; ein Umſtand, worauf man bey Vorbringung dieſes Einwurfs nicht gedacht habe.

Eine andere Hypotheſe, wie man entfernte Objekte noch deutlich ſehen könne, hat D. Jurin [r]) entworfen. Wenn das Auge auf größere Entfernungen als 15 bis 16 Zoll eingerichtet werden ſoll, ſo behauptet er, daß das ligamentum ciliare ſich zuſammenziehe, und den Theil der Vorderfläche der Kapſel, in welchen ihre Fibern hineingehen, ein wenig vorwärts und auswärts bringe. Dadurch fließe das unter der Kapſel enthaltene Waſſer unten von der Mitte nach dem erhabenen Theile hin, und die wäſſerichte Feuchtigkeit oben von dem erhabenen Theile der Kapſel nach der Mitte hin; alſo werde die ganze Vorderfläche, innerhalb der Stelle, wo das Ligament hineingeht, weniger erhaben. Sobald dieſe Zuſammenziehung nachlaſſe, werde die Kapſel vermöge ihrer Elaſticität ſich wieder in ihren vorigen Stand verſetzen. Die Kapſel, ein ſehr dünnes Häutchen, zwiſchen deren innern Fläche und der Linſe Waſſer enthalten iſt, könne der Wirkung des Ligaments, ſo ſchwach auch deſſen Muſkeln ſind, willig gehorchen.

Wie

r) Eſſay on diſtinct and indiſtinct viſion. p. 143. ſq.

Wie man Objekte in einer kleinern Entfernung als 15 Zoll deutlich ſehen könne, erklärt Jurin durch die Wirkung eines Muſkelringes des Traubenhäutchens, welcher die Hornhaut erhabener machen ſoll. Sobald dieſer Muſkelring aufhöre zu wirken, ſetze ſich die Hornhaut durch ihre natürliche Elaſticität wieder in die Krümmung für 15 Zoll. Der Raum, um welchen ſich Hornhaut der Oeffnung des Auges zu nähern brauche, ſey nur $\frac{1}{800}$ Zoll, wenn man bis auf 5 Zoll deutlich ſehen will. Dagegen bemerkt aber von Haller s), daß man einen ſolchen Muſkelring nicht ohne Beweis annehmen dürfe, und daß die Hornhaut eine viel zu große Härte beſitze, als daß ſie ſich biegen laſſen ſollte.

Nach von Haller's Meynung iſt die Veränderung der Oeffnung des Auges zum deutlichen Sehen auf verſchiedene Entfernungen hinreichend. Denn, ſagt er, man habe ſich nur deßwegen ſo viele Mühe gegeben, ſo mancherley Hypotheſen zu erdenken, weil man geglaubt habe, der Menſch könne in ſehr verſchiedenen Entfernungen deutlich ſehen. Aber man pflege ſich dem Gegenſtande zu nähern, und ſich davon zu entfernen, um den wahren Geſichtspunkt zu ſuchen, wenn man deutlich ſehen wolle; man würde ſich aber der Veränderung des Auges bedienen, wenn dieſe in unſerer Gewalt wäre. Ferner ſey es gewiß, daß man durch ein Kartenblatt, in welches zwey Löcher gebort ſind, einen Gegenſtand in der zum deutlichen Sehen gehörigen Entfernung einfach, in jeder andern doppelt ſehe; woraus deutlich erhelle, daß das Auge eine gewiſſe beſtimmte Einrichtung beſitze, um auf eine gewiſſe Entfernung deutlich zu ſehen, welche Einrichtung

s) Phyſiologia. Tom. V. p. 507. ſqq.

tung ſich nicht ändern laſſe, um auch auf eine andere Entfernung Deutlichkeit zu erhalten. Wenn man ein mit kleiner Schrift gedrucktes Buch leſe, ſo werde man finden, daß die Entfernung, in der man ſie deutlich erkennen könne, nur geringer Veränderungen bedarf. Er ſelbſt könne ſie nicht um einen Zoll verändern, ohne der Deutlichkeit Schaden zu thun. Es ſeyen auch keine Kräfte vorhanden, welche die Geſtalt der Linſe ändern könnten, und man wiſſe mit Gewißheit von keiner andern Bewegung im Auge, als der Veränderung der Pupille. Auch in der dunkeln Kammer helfe die Verengerung der Oeffnung zur Deutlichkeit naher Objekte.

Um von dieſer Streitfrage gehörig urtheilen zu können, muß man nothwendig von dem Wege der Strahlen durch das Auge deutliche Vorſtellungen haben. Stellt man ſich vor, das Auge habe wirklich kein Vermögen, ſich nach den verſchiedenen Entfernungen einzurichten, ſo kommt es vorzüglich darauf an, die Zerſtreuung der Strahlen und die daher entſtehende Undeutlichkeit gehörig zu beſtimmen. Eine ſehr ſinnreiche und einfache Methode hiezu hat D. Jurin t) angegeben.

Es ſey nämlich die Vorderfläche der Hornhaut in o (fig. 68.), die Strahlen, welche von a herkommen, ſollen in d, die von b in c, die von einem unendlich weit entlegenen Punkte p in e vereinigt werden. Es ſey oa = $26\frac{1}{2}$ Zoll, od = $9\frac{1}{3}$ Lin., die Tiefe des Auges bis an die Netzhaut d. Man denke ſich in a die Spitze eines Strahlenkegels, deſſen Grundfläche die Au-

t) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 496. f.

Augenöffnung iſt; dieſen Kegel verlängere man nach p hin in's Unendliche fort, ſo werden alle in demſelben enthaltenen Strahlen in d zuſammenkommen. Iſt der Durchmeſſer der Augenöffnung 2 Linien, oder $\frac{2}{10}$ Zoll, ſo iſt der Winkel, welchen zwey Seitenlinien des Kegels in der Ebene durch ſeine Axe mit einander machen, etwa 26 Minuten. Wenn man alſo mit einem auf die Entfernung oa eingerichteten Auge zwey Sterne betrachtete, die um 26 Minuten von einander ſtänden, ſo würden die äußerſten Strahlen, welche von ihnen durch die Augenöffnung gehen, nachdem ſie ſich in a gekreuzt haben, in d zuſammenkommen, d. h. die Zerſtreuungskreiſe ihrer Strahlen auf der Netzhaut würden ſo groß ſeyn, daß ſie ſich auf der Axe berührten. Hieraus folgte zwar noch nicht, wie Jurin meint, daß die Sterne 26 Minuten groß ſcheinen müßten, weil das Licht nach dem Rande des Zerſtreuungskreiſes hin zu ſchwach ſeyn könnte, um empfunden zu werden. Immer bliebe aber die Undeutlichkeit ſehr groß, wenn man die wirklich empfundene Zerſtreuung als die Hälfte und noch geringer ſchätzen wollte, und eine Verengerung der Augenöffnung könnte hier nicht helfen, weil es ſonſt an Helligkeit mangeln möchte.

Die Tiefe des Auges od kleiner, als $9\frac{1}{3}$ Lin., und die Entfernung oa, welche vielleicht ſchon für die meiſten Augen zu groß iſt, größer als $26\frac{1}{2}$ Zoll anzunehmen, hindert am deutlichen Sehen in kleinern Entfernungen. Es ſey ob = 8 Zoll. Durch b gedenke man ſich einen Strahlenkegel, deſſen Grundfläche in o auf der Augenöffnung, und der auf der andern Seite bis a hin verlängert wird. In a ſey ein Gegenſtand von der Größe der Grundfläche des Kegels in

in dieſem Punkte. Jeder Punkt deſſelben malt ſich auf der Netzhaut vollkommen deutlich ab in dem Punkte, wo ein Strahl von ihm die Netzhaut trifft, alſo in einem Strahle durch b, und daher iſt des Punkts b Bild genau ſo groß, als das Bild des Kreiſes in a. Es verhalten ſich aber die Durchmeſſer dieſes Kreiſes und der Augenöffnung, wie ab zu ob, d. i. hier wie 37 : 16, alſo iſt der Kreis in a, wenn der Durchmeſſer des Auges 2 Linien geſetzt wird, $4\frac{5}{8}$ Linien im Durchmeſſer. Oder es läßt ſich auch auf dieſe Art die Undeutlichkeit eines Bildes in b begreiflich machen. Die Augenöffnung ſetze man 2 Linien, und in b den Mittelpunkt eines Kreiſes 1,4 Lin. im Durchmeſſer, ſo werden die äußerſten Strahlen, die von dem Umfange deſſelben in's Auge kommen, durch a gehen, folglich in d zuſammenkommen. Das iſt, die Zerſtreuungskreiſe zweyer diametral entgegengeſetzter Punkte dieſes in b befindlichen Kreiſes werden ſich im Auge berühren, oder deutlich zu erkennende Sachen müſſen in b bald $1\frac{1}{2}$ Lin. von einander entfernt ſeyn, wenn ihre Bilder nicht in einander fließen ſollen. Eine ſolche Undeutlichkeit, die man beym Sehen doch nicht antrifft, zu heben, wird ohne eine Veränderung der Einrichtung des Auges nicht möglich ſeyn. Wenn man auch andere Abmeſſungen bey der Berechnung annimmt, ſo wird dieß nicht helfen; die Undeutlichkeit wird auf der einen Seite deſto größer, wenn man ſie auf der andern vermindert. Die Punkte e und c werden auch, einer faſt ſo viel als der andere, nach o hin oder davon abrucken.

Alſo kommt es nur darauf an, die Art der Veränderung im Auge, und die Mittel, wodurch ſie bewerkſtelligt wird, ausfindig zu machen. Da unſere

größten Zergliederer, ein von Haller oder Zinn, die proceſſus ciliares für ganz unfähig dazu erklären, ſo darf man wohl mit Porterfield nicht darauf beſtehen.

Muſſchenbroek [u]) nimmt mit Albinus an, daß die Veränderung in der Einrichtung des Auges vermittelſt der corona ciliaris verurſacht werde, und zwar auf folgende Art. Wenn man einen ſehr nahen Gegenſtand betrachtet, wobey die Vereinigungspunkte der Strahlen über die Netzhaut hinausfallen, ſo werden die corona ciliaris und die vordere Haut der Kapſel ſchlaffer, ſo daß die glasartige Feuchtigkeit, welche von den ſie umgebenden Häuten des Auges gepreßt iſt, vorwärts getrieben wird, und die Linſe dadurch von der Netzhaut entfernt. Die Linſe treibt die wäſſerichte Feuchtigkeit vorwärts nach der Hornhaut hin, und macht dieſe runder. Vielleicht, ſagt er, mag auch die Kryſtallinſe runder gemacht werden, ſo daß drey Mittel da ſind, weßwegen ſich die Strahlen eher als ſonſt vereinigen müſſen. Iſt dagegen das Objekt ſo weit entlegen, daß die Strahlen ſich zu bald vereinigen, ehe ſie die Netzhaut erreichen, ſo wird die corona ciliaris und die Kapſel der Linſe angezogen; ſie drucken die Linſe gegen die glasartige Feuchtigkeit an, und nähern ſie der Netzhaut. Dabey wird die Linſe ſelbſt flacher, und bricht die Strahlen nicht ſo ſtark, ſo daß aus allen dieſen Urſachen die Strahlen erſt an einer entferntern Stelle ſich vereinigen. Die proceſſus ciliares, fährt er fort, wurden ſonſt für das Werkzeug gehalten, das die Linſe von der Netzhaut entfernte, oder ſie ihr näherte; weil dieſe aber nicht muskulös ſind, und auch nicht mit der Linſe zuſammenhängen, ſo hat man dieſe Meynung fahren laſſen.

Die

u) Introduct. ad philoſoph. natur. Vol. II. p. 759 ſqq.

Die zona ciliaris und die vordere Haut der Kapſel können die Kryſtalllinſe nur um die Hälfte ihrer Dicke in die glasartige Feuchtigkeit hineintreiben, welches lange nicht ſo viel beträgt, als nöthig iſt, kleine Gegenſtände in ſo ungleichen Entfernungen, als 6 Zoll, und 14 Fuß 5 Zoll deutlich erſcheinen zu machen. Deßwegen, ſagt Muſſchenbroek, muß die Linſe ihre Figur verändern können, wie dieß Pemberton wohl bewieſen habe, weil wir Gegenſtände mittelſt divergenter Strahlen zu ſehen pflegen, aber auch durch Mikroſkope mittelſt paralleler, ja wohl convergirender Strahlen ſehen können. Am wahrſcheinlichſten werde die Figur der Linſe durch die Wirkung der vordern Haut ihrer Kapſel geändert, nicht durch die proceſſus ciliares, welche über den Rand der Linſe frey und loß hängen, und ſo ſchief liegen, daß ſie auf die Kryſtalllinſe nicht gerade zu wirken können.

Weil die harte Haut bey manchen Thieren ſo hart iſt, daß ſie ſich gewiß nicht zuſammendrucken läßt, die Augen aller Thiere aber ſich in den Haupttheilen ähnlich ſeyn werden, ſo hält es daher Muſſchenbroek für wahrſcheinlich, daß die Veranſtaltungen, das Auge auf verſchiedene Entfernungen einzurichten, bey allen dieſelben ſeyn werden, und daß daher eine Veränderung der harten Haut dazu nicht gebraucht werde.

Die Erfahrung lehrt, daß ſich das Auge durch Gewohnheit und Alter verändert, ſo daß davon eine Veränderung des deutlichen Sehens auf eine gewiſſe Entfernung abhängt. D. Jurin [x]) hat hierüber ſchöne Bemerkungen gemacht, welche angeführt zu werden verdienen. Die Muskeln des Auges werden, ſo wie

x) Eſſay on diſtinct and indiſtinct viſion p. 146 ſqq.

wie an andern Theilen des Körpers, durch Uebung ſtärker und geſchmeidiger, und durch Unthätigkeit ſchlaffer. Auch die Theile des Auges verlieren von ihrer elaſtiſchen Kraft, wenn ſie oft und lange geſpannt erhalten werden; ſie werden, wenn ſie ſelten geſpannt werden, ſteif.

Hieraus, ſagt er, laſſen ſich die Veränderungen des Auges begreifen, die durch Uebung und Gewohnheit entſtehen. Leute, welche ſehr oft entlegene Gegenſtände zu betrachten haben, als Reiſende, Seeleute, Jäger ſehen beſſer in die Ferne, als andere. Dagegen ſehen Leute, welche ſich viel mit ſehr nahen Dingen beſchäftigen, als Gelehrte (meiſtentheils), Uhrmacher, Kupferſtecher, Miniaturmahler in kleinen Entfernungen beſſer, in großen Entfernungen ſchlechter, als andere.

Bey Kindern iſt gewöhnlich die Oeffnung des Auges weiter, als bey Erwachſenen. Zur Urſache giebt er an, daß bey Kindern die Hornhaut ſehr biegſam iſt, ſo daß ſie durch den Muskelring der Traubenhaut die zur Deutlichkeit beym Leſen nöthige Krümmung leicht annimmt, weßwegen ſie die Oeffnung des Auges, der Deutlichkeit wegen, nicht ſo ſehr zu verengern brauchen. Bey erwachſenen Perſonen iſt die Hornhaut ſteifer, und deßwegen ſind ſie genöthigt, die Oeffnung des Auges mehr zu vermindern. Alte Leute haben eine noch ſteifere Hornhaut, und können deßwegen nicht ohne Brille leſen, wenn nicht der Druck groß und die Erleuchtung ſtark iſt, wodurch die Oeffnung ſich beträchtlich zuſammenziehen muß. Darum müſſen ſie das Licht zwiſchen dem Auge und dem Papier halten; ein gewiſſes Zeichen, daß ſie bald Brillen brauchen.

Kin-

Kinder leſen viel näher als Erwachſene, weil ſich ihre biegſame Hornhaut leicht auf eine kleinere Entfernung einrichtet, und die nähere Schrift größer ausſieht und beſſer zu leſen iſt, auch weil ihre Augen kleiner ſind, und die kleinſte Entfernung, worauf ein Auge deutlich ſieht, ſich wie ſeine Länge verhält.

Alte Leute ſehen in die Ferne beſſer als junge. Dieß hält unſer Verfaſſer für ziemlich ausgemacht, und wenn, ſagt er, jemand daran zweifeln wollte, ſo ließe es ſich ſo unterſuchen. Man laſſe einen, dem Alters wegen das Geſicht zu nahen Sachen abgeht, den drey- oder viertägigen Mond betrachten, und Acht geben, ob der erleuchtete Theil ihm von einem größern Durchmeſſer, als der dunkle, ſcheine, und wie viel das betrage: darauf muß er ſich, wenn er kann, beſinnen, wie ihm dieß in jüngern Jahren vorgekommen iſt. Jurin glaubt, daß er den hellen Theil entweder gar nicht größer, oder doch lange nicht ſo viel größer als ſonſt finden werde. Wenigſtens war das bey ihm der Fall. Er erinnerte ſich ſehr wohl, daß er ehemals den hellen Theil für viel größer als den dunkeln gehalten, dagegen zu der Zeit, wie er dieſes ſchrieb, die Ränder dieſer beyden Theile ihm faſt in denſelben Kreis ſich zu verringern ſchienen.

Weil die Hornhaut aus einem lockerern Gewebe, als die harte Haut, beſteht, und der Luft mehr ausgeſetzt iſt, ſo wird ſie mit der Zeit mehr zuſammenſchrumpfen, und daher flacher werden, weßwegen auch alte Leute in der Nähe nicht ſo gut ſehen wie junge. Weil nun hiezu noch die Steifigkeit der Hornhaut kommt, ſo wird dadurch die nächſte Grenze des deutlichen Sehens, von 3 bis 4 Zoll, wie ſie bey Kindern iſt, und von 5 bis 6 Zoll, wie ſie bey jungen erwachſenen Per-

ſonen

ſonen iſt, auf 20, 30, 40 Zoll und noch weiter fortrucken. In dieſem Falle kann das Auge ſich nicht anders als durch die Zuſammenziehung des Sterns helfen, welches aber zum deutlichen Sehen nicht hinreichend iſt, es müßte denn die Erleuchtung ſehr ſtark ſeyn.

Weil die Säfte erwachſener Thiere überhaupt ſtärker und reicher an ſalzigen und ölichten Theilen werden, ſo wird auch vermuthlich die brechende Kraft der Feuchtigkeiten des Auges mit den Jahren größer. Denn alle brechende Subſtanzen brechen, bey ſonſt gleichen Umſtänden, das Licht ſtärker, als andere; und Petit bemerkt, daß der Kryſtall im Auge, welcher Anfangs ohne alle Farbe iſt, mit den Jahren immer gelber wird. Dieß mag eine allmählige Zunahme der brechenden Kraft, wie Jurin glaubt, mit ſich führen, und ein Gegenmittel für die allzuflach und ſteif werdende Hornhaut abgeben, da wir ſonſt zu bald weitſichtig werden, und eher Brillen gebrauchen möchten.

Daß man mit beyden Augen die Gegenſtände nur einfach ſieht, rührt nach Briggs y) Meynung von der gleich ſtarken Spannung der übereinſtimmenden Theile der Sehenerven her, weßwegen ſie gleichzeitige Schwingungen bekämen. D. Porterfield aber zeigt, daß dieß ſchon zum Theil für ſich unwahrſcheinlich ſey, und mit den Erfahrungen nicht zuſammenſtimme.

Porterfield ſelbſt glaubt, wir ſähen die Gegenſtände vermittelſt einer urſprünglichen Einrichtung unſerer Augen irgendwo in der geraden Linie, welche ſenkrecht auf die Netzhaut an der Stelle, wohin das Bild falle, gezogen werde. Weil daher ein einziger Gegenſtand beyder Augen auf derſelben Stelle zu ſeyn ſchei-

y) Nova viſionis theoria p. 28.

ſcheine, ſo könne die Seele nicht zwey daraus machen. Wenn aber das eine Auge verdreht werde, ſo irre ſich die Seele in Abſicht auf die Lage des Auges, und bilde ſich ein, das Auge habe ſich mit dem andern gleichförmig bewegt, als in welchem Falle ihr Unterſchied von einem doppelten Gegenſtande bey einem doppelten Bilde richtig ſeyn würde.

Allein dieſe Erklärung iſt für ſich betrachtet noch nicht ganz richtig, man muß vielmehr dabey noch voraus ſetzen, daß unſere Seele ein Vermögen beſitze, von der Entfernung der Gegenſtände zu urtheilen, damit ſie den Ort der Sache gerade in den Durchſchnitt der beyden Linien ſetzen könne, und nicht in verſchiedene Punkte. Ueberhaupt ſcheint ſich dieſe Frage hinreichend beantworten zu laſſen, wenn man nur darauf Rückſicht nimmt, auf welche Art man das Sehen durch Erfahrung erlernt habe. Man kann annehmen, daß uns in der früheſten Jugend ein jeder Gegenſtand doppelt vorgekommen iſt; allein nach und nach empfanden wir durchs Gefühl, indem wir unſere Hände darnach ausſtreckten, daß, wenn zwey übereinſtimmende Theile der Netzhaut gerührt wurden, er nur einfach war. Auf ſolche Art erhielten wir eine Fertigkeit, von dem ſo geſehenen Gegenſtande, beym ordentlichen Gebrauche der Augen, als von einem einzelnen zu urtheilen. Dadurch ſind unſere Augen gleichſam ſo an einander gewöhnt worden, daß die reſpondirenden Stellen der Netzhäute, auf deren jedes ein Bild des betrachteten Gegenſtandes fällt, gleichwohl denſelben nur als einfach darſtellen. Wenn dagegen die Bilder nicht auf ſolche übereinſtimmende Stellen der Netzhäute fallen, ſo erſcheint auch wirklich der Gegenſtand doppelt. Dieß ſcheint durch eine Nachricht beſtätigt zu werden, wel-

welche Cheſelden von einem Manne erzählt, dem durch einen Schlag auf dem Kopfe das eine Auge verdreht ward, und der deßwegen alles doppelt ſah, bis daß allmählich die gewöhnlichen Gegenſtände wieder einfach, und zuletzt alle und jede ſo erſchienen, ohne daß das verkehrte Auge ſeine gehörige Lage wieder erhielt. Einen ähnlichen Fall erzählt D. Smith [z]).

Dagegen meint D. Reid [a]), daß die Uebereinſtimmung der Mittelpunkte beyder Augen, worauf das einfache Sehen beruhet, nicht von der Gewohnheit, ſondern von einer angebohrnen Einrichtung des Auges und der Seele herrühre. Er macht verſchiedene Einwendungen gegen den Fall des Herrn Foſter, den Smith und andere anführen. Auch fand er, daß drey junge Perſonen, denen er das Schielen zu benehmen geſucht hatte, die Gegenſtände einfach ſahen, ſobald ſie vermögend geworden waren, die Mittelpunkte beyder Augen auf denſelben Gegenſtand zu richten, ob ſie gleich von ihrer Kindheit an dieß nicht zu thun gewohnt geweſen waren. Dabey führt er noch an, daß es Fälle giebt, in welchen ein Gegenſtand, ſo ſehr man auch gewiß iſt, er ſey nur einfach, dennoch auf keine Weiſe anders einfach erſcheinen wird, als wenn man ihn durch ein vielſeitiges Glas betrachtet.

Uebrigens iſt aber der von zweyen Augen betrachtete Gegenſtand viel lebhafter, als wenn er bloß durch ein Auge geſehen wird. D. Jurin [b]) ſtellte deßwegen einige Verſuche an: Er legte einen Streifen reines weißes Papier gerade vor ſich auf den Tiſch, und hielt die

z) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 397.

a) Inquiry into the human mind. p. 257.

b) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 479 f.

die Seite eines Buchs hart an ſeinen rechten Schlaf, ſo daß das Buch merklich vor ſeinem Geſichte hervorragte, und ſeinem rechten Auge die zur Rechten liegende Hälfte des Papiers verdeckte, die linke Hälfte des Papiers aber von beyden Augen ohne Hinderniß geſehen werden konnte. Nun ſahe er mit beyden Augen das Papier an, und bemerkte, daß es von oben herunter durch einen dunkeln Strich getheilt war, und daß die nur mit einem Auge geſehene Hälfte rechter Hand dieſes Strichs merklich dunkler ausſah, als die mit beyden Augen geſehene linke Hälfte. Darauf hielt er auch das Buch an den linken Schlaf, und verſicherte ſich aus dem Erfolge des Verſuchs, daß ſeine beyden Augen von gleicher Güte waren.

Hierauf unternahm er es zu beſtimmen, wie viel die Helligkeit des einen Theils größer, als die des andern wäre, und ließ zu dem Ende die Hälfte des Papiers, welche er mit beyden Augen betrachtete, von einem einzigen Lichte, diejenige Hälfte aber, die er mit einem einzigen Auge ſah, von zwey Lichtern erleuchten, in der Erwartung, es würden ihm beyde Hälften gleich hell ausſehen; er fand ſich aber getäuſcht, weil ihm die letztere Hälfte viel weißer und heller ſchien. Mithin zeigt ſich eine Sache beyden Augen nicht noch ein mal ſo helle, als einem allein. Nach mehreren Verſuchen, in welchen er das Verhältniß der Erleuchtung immer kleiner machte, fand er, daß ein Papier, welches von einem 3 Fuß entfernten Lichte erleuchtet war, und ein anderes Papier, welches ſowohl von dieſem Lichte in eben der Entfernung und noch dazu von einem 11 Fuß entfernten Lichte beſchienen wurde, jenes mit beyden Augen zugleich, und dieſes mit einem Auge allein betrachtet, gleich helle ſchienen;

daß folglich ein Gegenſtand mit beyden Augen zugleich geſehen um ein Dreyzehntheil heller ausſieht, als mit einem Auge allein. Allein er geſteht ſelbſt, daß es ſchwer iſt, dieſen Verſuch mit gehöriger Genauigkeit anzuſtellen.

Auch unterſucht er, ob ein Gegenſtand mit beyden Augen zugleich geſehen größer als mit einem allein ausſieht; er fand aber, daß er es nicht thut, es ſey denn unter beſondern Umſtänden, wie bey dem Gebrauche eines Binocularteleſkops und eines Hohlſpiegels.

Du Tour [c]) glaubt mit Gaſſendi, daß die Seele jedesmal nicht mehr als das eine Bild in einem Auge beobachtet, und ſucht dieſe ſeine Meynung durch verſchiedene Verſuche zu beſtätigen. Unter andern leimte er auf einer Seite eines Stücks Pappe einen Kreis von blauem Taffent, einen Zoll groß, und auf der andern Seite gerade gegen über einen Kreis von gelbem Taffent und derſelben Größe. Die Pappe hielt er ſenkrecht vor ſeiner Naſe, ſo daß er mit dem rechten Auge bloß den blauen Kreis, und mit dem linken nur den gelben ſehen konnte. In dieſer Lage, beyde Augen offen, ſchien ihm das Stück Taffent nie grün, wie es hätte ausſehen müſſen, wenn ſich die beyden Farben mit einander vermiſcht hätten, ſondern entweder blau oder gelb, nachdem der Eindruck von dieſer oder jener Farbe in ſeinem Auge am lebhafteſten war. Bisweilen ſchien der Kreis halb blau, halb gelb, vermuthlich weil ein Theil des Kreiſes gegen das eine ſeiner Augen bequemer lag, als gegen das andere. Hieraus folgerte er, daß die Seele nicht zugleich von den beyden übereinſtimmenden Punkten zweyer Bilder eine Empfindung hat.

Weil

c) Mémoir. préſentées. Vol. III. IV. V.

Weil dieſer Verſuch eine etwas unangenehme Stellung der Augen erfordert, ſo erzählt er noch folgenden merkwürdigern. Er nahm zwey Glasſcheiben, einen Zoll im Durchmeſſer, wovon eine blau, die andere gelb war, und durch welche zuſammen die Gegenſtände grün ausſahen. Dieſe Gläſer befeſtigte er jedes in einer pappenen, inwendig angeſchwärzten, drey oder vier Zoll langen Röhre, und hielt eine derſelben vor ſein rechtes, die andere vor ſein linkes Auge, worauf er durch ſie nach einem weißen, 4 bis 5 Fuß entlegenen Papiere ſah. Dieſes ſchien immer entweder blau oder gelb, nie grün. Auch führt er an, daß, wenn man ein Prisma ſenkrecht bloß vor dem einen Auge hält, und mit beyden Augen nach einer Sache hinſieht, die Farben des gebrochenen Lichts, welche auf das eine Auge fallen, ſich mit dem ungebrochenen Lichte, welches das andere Auge erhält, nie vermiſchen, ſondern daß die Gegenſtände ſo ausſehen, wie ſie mit einem Auge allein betrachtet ausſehen würden. Bisweilen ſehe man zwar den Gegenſtand vermittelſt gebrochenen und ungebrochenen Lichts zugleich, es entſtände daraus aber keine Miſchung der Farben.

Endlich führt er noch in einem Anhange zu einem andern Aufſatze einen ganz leichten Verſuch an, der ſeine Meynung völlig beſtätigen ſoll. Zwey runde Löcher nämlich, 12 bis 15 Linien im Durchmeſſer, werden 4 bis 5 Linien von einander in einem Blatte weißes Papier gemacht, und das eine mit einer rothen, das andere aber mit einer weißen Einfaſſung verſehen; mit dieſem Blatte ſtellt ſich jemand 4 bis 5 Fuß von einem Gegenſtande von mittlerer Größe, und hält es ſo, daß dieſer dem einen Auge in der Mitte des Rothen, dem andern in der Mitte des Weißen erſcheint. Alsdenn

denn wird er in beyden Kreiſen niemals zugleich erſcheinen, wenn gleich beyde ſehr kenntlich ſind; auch wird er nicht hinter dem Zwiſchenraume, der ſie abſondert, ſich verbergen, ſondern er wird allemal bloß in der Mitte eines Kreiſes allein ſich erblicken laſſen.

Allein dieſe Meynung des du Tour widerlegt ſich ſchon hinlänglich dadurch, daß wir mit beyden Augen deutlicher als mit einem ſehen, und daß wir von einer runden Sache in jenem Falle mehr, als in dieſem erblikken; anderer Erfahrungen nicht zu gedenken, welche du Tour's Meynung offenbar zuwider ſind[d]).

Was das einfache Sehen mit beyden Augen betrift, ſo bemerkt Hartley[e]) als merkwürdig, daß die Sehenerven bey den Menſchen und Thieren, welche mit beyden Augen nach derſelben Richtung hinſehen, in der ſella turcica, in einen Nervenknoten oder gleichſam einem kleinen, ihnen beſonders zugegebenen Gehirne ſich vereinigen, und daß dieſerhalb die Vergeſellſchaftung gleichzeitiger Eindrücke auf jeder Netzhaut deſto eher und inniger bewirkt werde; weßwegen auch die Sehenerven weit mehr gegenſeitig auf einander wirken, als es ſonſt in irgend einem andern Theile des Körpers geſchieht. Auf ſolche Art mag ein Eindruck, der von einem einfachen Gegenſtande in einem Auge allein gemacht iſt, ſich in das linke fortpflanzen, und daſelbſt ein faſt eben ſo deutliches Bild, als in jenem iſt, erwecken, ſo daß wir, wenn wir bloß mit einem Auge ſehen, doch in jedem Auge ein Bild haben.

D. Smith[f]) beobachtete einen Geſichtsbetrug, welcher von dem Gebrauche beyder Augen entſteht, und

d) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1743.
e) Obſervation of Man Vol. I. p 207.
f) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 345. f.

und bemühte ſich zugleich, die Urſache davon anzugeben. Es iſt bekannt, ſagt er, daß man mit beyden Augen die Sachen heller und lebhafter ſieht, als mit einem, beſonders wenn beyde gleich gut ſind, wie jeder, der nicht kurzſichtig iſt, ſich leicht überzeugen kann, wenn er nach ziemlich entlegenen Gegenſtänden aufmerkſam, erſtlich mit einem Auge, und dann mit beyden hinſieht. Dieſe Bemerkung gab zur Erfindung des Binocularteleſkops Veranlaſſung, bey deſſen Gebrauch der Unterſchied ſich noch weit deutlicher zeigt. Außerdem aber giebt dieſe Art von Fernrohr zu einer beſondern Bemerkung Gelegenheit. In jedes Fernrohrs Brennpunkte iſt gewöhnlich ein Ring, in dem einen ſo groß als in dem andern, um die Bilder, die daſelbſt entſtehen, zu begrenzen. Betrachtet man dieſe Ringe, jeden allein mit einem Auge, ſo ſcheinen ſie, wegen der gleichen Augengläſer, gleich groß und gleich weit vom Auge; allein mit beyden Augen zugleich erſcheinen ſie größer und weiter entfernt, ſo wie auch die Gegenſtände, die man durch ſie ſieht, alsdenn größer ausſehen, ob ſie gleich durch dieſelben Ringe, wie vorhin, da man ſie einzeln ſah, begrenzt werden.

Als er dieſe ſonderbare Erſcheinung zu erklären ſuchte, bemerkte er eine noch ſeltſamere. Er hielt mit einem ausgeſtreckten Arme einen Cirkel, den er ſo weit geöffnet hatte, als die Entfernung ſeiner Augen von einander betrug, in gleicher Entfernung von ſeinen Augen, den Kopf des Cirkels in der Hand, und die Spitzen deſſelben hinauswärts und ein wenig höher als den Kopf. Hierauf richtete er ſeine Augen auf einen entfernten Gegenſtand, der in der Linie lag, welche den Zwiſchenraum der Spitzen halbirte, und nahm zuerſt zwey Zirkel wahr, indem jeder

Schenkel ſich verdoppelt hatte, wovon die beyden innern einander kreuzten. So wie er aber mit ſeiner Hand die beyden Schenkel zuſammendruckte, kamen die beyden Spitzen einander immer näher, und, ſo wie ſie zuſammenſtießen, fielen die beyden innern Schenkel auch in eins, und halbirten den Winkel der beyden äußern, erſchienen dabey lebhafter, dicker und länger, ſo daß ſie von ſeiner Hand nach dem entfernteſten Gegenſtande, den er nur im Geſichte haben mochte, ja nach dem Horizonte ſelbſt ſich erſtreckten. Dieſe Erſcheinung blieb unverändert, nach welchen Gegenſtänden zur Seite er ſeine Augen richtete, und verſchwand nicht, unter welchem Winkel er auch die Ebene der Schenkel gegen den Horizont neigte, oder auf welche Art er ſie anſehen mochte. Eben dieß erfolgte, wenn zwey gleiche Schnitte von Kork oder ſonſt zwey gleiche Flächen auf die Spitzen des Zirkels geſteckt wurden. In der fig. 69. ſind a, b, die Spitzen des Zirkels, c der Kopf, d, e die Augen des Beobachters, cf der ſcheinbare Schenkel, welcher den Winkel acb halbirt.

Dieſe Erſcheinung erklärt Smith auf folgende Art. Wenn man die Augen d, e wechſelsweiſe verſchließt, ſo wird man finden, daß die Punkte d, a, f in einer geraden Linie, die Punkte e, b, f in einer andern ſind, daß alſo die Punkte a und b ſich deßwegen bey dem Gegenſtande f zu vereinigen ſcheinen, weil ihre Bilder auf dieſelben Punkte der Netzhaut mit dem Gegenſtande f fallen. Eben darum wird auch der ſcheinbare Vereinigungspunkt der beyden Schenkel, wenn das Auge, während daß die Schenkel des Zirkels allmählig zuſammengedruckt werden, beſtändig darauf gerichtet erhalten wird, ſich allmählig zu nähern

hern ſcheinen; woraus auch erhellet, warum zwey Punkte der Schenkel, z. B. g und h, die von den äuſſerſten gleich weit abſtehen, dem Auge deſto näher zu ſeyn ſcheinen, je näher ſie nach dem Kopfe des Zirkels hin liegen.

Jurin hielt einſt ein Buch, welches von einer Lichtflamme erleuchtet ward, ziemlich nahe an ſein Auge, und richtete dabey ſeine Augen nach der jenſeits darüber liegenden Decke des Zimmers hin, wovon er einen Theil mit einem Auge, einen Theil mit dem andern, und einen Theil mit beyden Augen ſehen konnte. Indem er ſich an den verſchiedenen Schatten, welche ſich bildeten, vergnügte, ſahe er mit Bewunderung den mittleren und dunkelſten Theil des Schattens in Geſtalt einer Pyramide ſich von ſelbſt nach jeden Gegenſtand, worauf er ſeine Augen richtete, erſtrecken. Er beſchreibt dieſe Erſcheinung umſtändlich, und ſucht ſie zu erklären. Sie ſcheint mit der von Smith beobachteten einige Aehnlichkeit zu haben.

Eine beſondere Erſcheinung, bey welcher ſich die Wirkung des einen Auges auf das andere zeigt, erzählt Aepinus [g]). Als er durch ein Loch in einer metallenen Platte, welches etwa $\frac{1}{10}$ Linie groß war, mit ſeinem linken Auge ſah, ſo ſchien ſowohl das Buch ſelbſt größer, als auch das Geſichtsfeld weiter, wenn er ſein rechtes Auge geſchloſſen hielt, noch mehr aber, wenn er es mit der Hand bedeckte. Er fand viele Schwierigkeit, die Vergrößerung des ſcheinbaren Durchmeſſers des Lochs und des Geſichtsfeldes zu meſſen. Endlich aber fand er, daß bey einer einen halben Zoll weiten

g) Nov. comment. Petrop. Vol. VII. p. 303.

weiten Oeffnung, da die Tafel, nach welcher er ſah, 3 Fuß von ſeinem Auge entfernt war, der Durchmeſſer des Geſichtsfeldes anderthalbmahl größer ward, wenn er ein Auge verſchloß, als wenn er beyde offen hatte, und zweymahl größer, wenn er ſeine Hand auf dem Auge hielt.

Dieſe Erſcheinung erklärt er daher, daß die Oeffnung des einen Auges ſich erweitert, wenn das andere geſchloſſen iſt, wiewohl er den phyſiſchen oder anatomiſchen Grund hievon anzugeben ſich nicht getrauete. Er betrachtet es als eine weiſe Einrichtung der Vorſehung, damit, wenn ein Auge abgeht, das Geſichtsfeld des andern erweitert werde. Daß dieſe Erweiterung noch merklicher wird, wenn das eine Auge mit der Hand zugehalten wird, rührt, ſeiner Meynung nach, daher, daß die Augenlieder nicht ganz undurchſichtig ſind.

Was die Lehre des deutlichen und undeutlichen Sehens betrifft, ſo hat dieſelbe in dieſem Zeitraume vorzüglich D. Jurin in einer eigenen Abhandlung ſorgfältig unterſucht h). Er zeigt, daß man Gegenſtände hinlänglich deutlich ſehen kann, wenn gleich die Strahlenkegel, die von den einzelnen Punkten derſelben herkommen, nicht nach einzelnen Punkten auf der Netzhaut hin gebrochen werden. Alsdenn aber werde das Bild eines jeden Punkts, weil die Strahlen von demſelben ſich entweder ſchon vor der Netzhaut vereinigen, oder nach einem Punkte hinter derſelben zugehen nothwendig einen kreisförmigen Raum auf der Netzhaut einnehmen, und folglich größer ſeyn, als es zum vollkommen deutlich Sehen eigentlich ſeyn ſollte. Daher wird eine jede Sache, welche entweder zu weit oder

h) Smith's Lehrbegriff der Optik, durch Käſtner.

oder zu nahe iſt, um vollkommen deutlich geſehen zu werden, größer, als ſie wirklich iſt, erſcheinen, weil aus allen den kleinen kreisförmigen Räumen, welche die Strahlenkegel von dem Umfange der Sache auf der Netzhaut einnehmen, ein Lichtrand um ihr Bild entſteht.

Darum ſieht an dem drey= oder viertägigen Monde der erleuchtete Theil verglichen mit dem dunkeln zu breit aus. Sein Bild nimmt auf beyden Seiten einen größern Raum ein, als es beym völlig deutlichen Sehen einnehmen würde, wobey der dunkele Theil noch um den Lichtrand der innern Seite des hellen vermindert wird. Aus demſelben Grunde erſcheint auch bey einer Sonnen= oder Mondfinſterniß der helle Theil gegen den dunkeln zu breit. Daß aber dieſe Erſcheinungen von der hier angegebenen Urſache, und nicht, wie man wohl behauptet hat, daher entſtehen, daß eine helle Sache die Netzhaut in einem größern Raume rührt, als eine dunkele, erweiſt Jurin durch folgenden Verſuch. Man zeichne in einen Kreis eine Sichel, wie ſie der drey= oder viertägige Mond vorſtellt, und laſſe ſolche weiß, das übrige, das den dunkeln Theil des Mondes vorſtellen ſoll, färbe man ſchwarz; oder man mache eine Scheibe halb weiß, halb ſchwarz; ſo wird eine ſolche Figur in der gehörigen Entfernung für das vollkommene Sehen das richtige Verhältniß ihrer Theile zeigen; wenn man ſie aber zu nahe vor ſich hat, ſo wird der helle Theil in den dunkeln hineingehen, und ſich auch auswärts über ihn zu erſtrecken ſcheinen; eben das wird ſich zeigen, wenn ein Kurzſichtiger ſie zu weit von ſich entfernt, oder ein Weitſichtiger ſie durch ein erhabenes Glas betrachtet. Der Verſuch gelingt am beſten, wenn der ganze Kreis aus weißem Papiere ausgeſchnit-

ſchnitten, der dunkele Theil mit Dinte geſchwärzt, und das Papier auf einen dunkeln Grund gelegt wird.

Die andern Planeten, welche weit kleiner als der Mond ausſehen, erſcheinen, nach Jurin's Bemerkung, matter, aber viel größer beym undeutlichen, als beym deutlichen Sehen, und ihre Durchmeſſer werden in einem viel ſtärkern Verhältniſſe, als der des Mondes vergrößert. Hieraus laſſen ſich die radii adventitii erklären, welche, wie Horroccius ſagt, alle Aſtronomen vor ihm verleitet haben, die ſcheinbaren Durchmeſſer der Planeten neun- bis zehnmahl zu groß zu machen.

Wegen dieſer Lichtränder, die von der Ausbreitung der Lichtkegel von entfernten Gegenſtänden auf der Netzhaut entſtehen, müſſen zwey Sterne näher bey einander zu ſtehen ſcheinen, als ſie wirklich ſind, und zwey ſehr nahe Sterne werden nur einen einzigen auszumachen ſcheinen müſſen, der aber heller als jeder für ſich allein iſt, weil ein Theil ihrer matten Bilder in eins fällt, und da, wo dieß geſchieht, faſt zweymahl ſo viel Licht als in den übrigen Theilen vorhanden ſeyn wird, ſo daß ſie zuſammen das Anſehen eines hellern, in der Mitte des von ihren Bildern eingenommenen Raumes befindlichen Sterns haben. Eben daher kann auch ein Stern, wenn er ſehr nahe an den Rand eines Planeten kommt, innerhalb des Planeten ſelbſt zu ſtehen ſcheinen, gleich als wenn dieſer durchſichtig wäre, und der Stern durch ihn geſehen würde. Ein Stern kann auch, wenn man ihn mit einem Teleſkope beobachtet, in die Mondsſcheibe zu treten ſcheinen, wenn das Teleſkop nicht recht gut iſt, oder das Auge des Beobachters nicht genau zum vollkommenen Sehen eingerichtet iſt.

Grö-

Größere Gegenſtände erſcheinen noch ziemlich deutlich in einer Entfernung, in welcher kleinere Gegenſtände ſchon ſehr undeutlich ſind, weil die Lichtränder jener nicht ſo ſehr in einander laufen. Daher kann man große Schrift viel näher beym Auge leſen, als eine kleine, weil bey jener die Buchſtaben weiter von einander ſtehen, und ihre Lichtränder nicht ſo nahe in einander treten.

Die kleinſte Entfernung zum vollkommenen Sehen, oder diejenige, bey welcher ſich die von einem Punkte ausfahrenden Strahlen wieder in einen phyſiſchen Punkt auf der Netzhaut vereinigen, ſetzt Jurin aus vielen Beobachtungen insgemein auf 5, 6 oder 7 Zoll. Die größte Entfernung für das deutliche Sehen zu beſtimmen, ward ihm ſchwerer; inzwiſchen ſetzt er ſie vermittelſt einer Berechnung, die er auf die Figur der brechenden Flächen im Auge und auf die Größe der brechenden Kräfte der Feuchtigkeiten in demſelben gründet, nebſt Zuziehung der Entfernung, in welcher ſich zwey Sterne, deren Lage gegen einander bekannt iſt, noch unterſcheiden laſſen, in einigen Fällen auf 14 Fuß 5 Zoll, wiewohl Porterfield ſie für ſein Auge nur zu 27 Zoll annimmt.

Dem undeutlichen Sehen wird, nach Jurin's Meynung, auf zweyerley Art abgeholfen, entweder daß das Auge ſein Vermögen, welches es hat, ſich ſelbſt zum Sehen auf verſchiedene Entfernungen einzurichten, anwendet, oder daß die Oeffnung des Auges ſich verengert, welches letztere hauptſächlich bey ſtarkem Lichte ſtatt findet, und bisweilen alle andere Hülfsmittel unnöthig macht. Bey einem ſchwachen Lichte zieht ſich der Augenſtern ſo wenig zuſammen, daß er vielmehr ſich erweitern muß, um mehr Licht

hinein

hinein zu laſſen. D. Whytt [i]) aber bemerkt, daß bey gleicher oder gar geringerer Erleuchtung der Augenſtern ſich zuſammenziehen wird, um eine nähere oder kleinere Sache zu betrachten. Man laſſe jemanden, ſagt er, mit dem Rücken gegen das Licht gewandt, zuerſt eine lebhaft gefärbte Sache in einer Entfernung von 3 bis 4 Fuß betrachten, und hernach in einer Weite von 1 Fuß eine dunkele Sache, ſo wird man ſehen, daß bey der letztern der Augenſtern ſich merklich zuſammenzieht, ungeachtet das Auge in dieſem Falle weniger Licht zugeſchickt bekommt, als in dem erſten.

Jurin unterſucht in dem letzten Theile ſeiner Abhandlung die Streitfrage zwiſchen D. Hooke und Hevel über den kleinſten empfindbaren Winkel. Jener behauptete, daß ein Gegenſtand wohl nicht ſichtbar wäre, wenn er unter einem kleinern Winkel als einer Minute in's Auge fällt, und ein Verſuch von Smith beſtätigt dieß in dem Falle, da der Gegenſtand ein runder ſchwarzer Flecken auf weißem Grunde, oder ein weißer auf ſchwarzem Grunde iſt. Daraus berechnet letzterer, daß der Durchmeſſer des Bildes eines ſolchen kleinſten ſichtbaren Punkts auf der Netzhaut der 8000ſte Theil eines Zolls iſt, und nennt daher ein ſolches Theilchen einen empfindlichen Punkt auf der Netzhaut. Dagegen folgert Courtivron [k]) aus ſeinen Verſuchen, daß der kleinſte empfindbare Sehewinkel 40 Sekunden beträgt.

Jurin erinnert, daß es hiebey auch auf die Stärke des Lichts ankomme, da man einen Stern, welcher durch ein Fernrohr bloß wie ein heller Punkt erſcheint,

i) On vital and involuntary motions p. 133.
k) Hiſtoir. de l'Acad. roy. de Paris. an. 1752.

erſcheint, und keinen Winkel von einer Sekunde am Auge macht, ganz wohl ſieht, ungeachtet ein weißer oder ſchwarzer Fleck von 25 bis 30 Sekunden nicht empfunden werden kann. Auch kann man einen Strich von gleicher Breite mit einem kreisrunden Tüpfelchen noch ſehen, wenn in eben der Entfernung das Tüpfelchen unempfindbar iſt, weil die Stärke des Eindrucks von jenem größer, als von dieſem iſt, weßwegen auch ein längerer Strich auf eine größere Weite ſichtbar bleibt, als ein kürzerer von derſelben Breite. Durch Erfahrung fand er, daß ein Silberdrath unter einem Geſichtswinkel von $3\frac{1}{2}$ Sekunden, und ein ſeidener Faden unter einem von $2\frac{1}{2}$ Sekunden noch geſehen werden konnte.

Daß ein Strich auf eine größere Entfernung ſichtbar iſt, als ein Tüpfelchen von derſelben Breite, dieß ſcheint, ſo lange man innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens bleibt, bloß von der mehreren Stärke des Eindrucks von jenem herzurühren; allein außerhalb dieſer Grenzen, ſagt Jurin, kommt noch ein Umſtand hinzu, der den Unterſchied der Empfindbarkeit ſehr vergrößert. Denn das matte Bild jedes Punkts des Strichs fällt alsdenn zum Theil in das matte Bild des nächſten Punkts, und vermehrt folglich deſſen Erleuchtung beträchtlich.

In einigen Fällen liegt, wie Jurin bemerkt, die Urſache des undeutlichen Sehens in der Unſtandhaftigkeit des Auges. Wir ſind z. B. wohl im Stande, einen einzelnen ſchwarzen Strich auf weißem Grunde, oder einen einzelnen weißen Strich auf ſchwarzem Grunde, aber nicht einen weißen Strich zwiſchen zwey ſchwarzen auf weißem Grunde zu erkennen. Denn wenn in den beyden erſten Fällen ſich das Auge ein klein wenig bewegt, ſo wird daraus nichts an-

ders entſtehen, als daß das Bild des Gegenſtandes auf einen andern Theil der Netzhaut fällt; wohin es aber auch fällt, da wird doch nur ein einziges, mit keinem andern vermiſchtes Bild vorhanden ſeyn. Betrachtet man aber den weißen Raum zwiſchen zwey parallelen Strichen, ſo wird bey einer noch ſo kleinen Bewegung des Auges das Bild des einen oder des andern dieſer Striche auf die Stelle der Netzhaut rucken, auf welcher vorher das Bild des weißen Strichs lag; mithin wird dieß eine ſolche Verwirrung im Sehen machen, daß der weiße Strich nicht deutlich erkannt, und von dem ſchwarzen unterſchieden wird, indem dieſe wechſelsweiſe die Stelle des Bildes des weißen Strichs einnehmen, woraus der Anſchein eines einzigen breiten ſchwarzen Strichs entſteht, ohne daß man einen weißen Zwiſchenraum wahrnehmen könnte.

Da er eben dieſen Verſuch mit zwey Stecknadeln machte, deren Dicke er gemeſſen hatte, und die er in einem Fenſter gegen das Tageslicht, ſo weit von einander aufſtellte, als die Breite einer von ihnen betrug, ſo fand er, daß der Zwiſchenraum beyder ſich nicht mehr erkennen ließ, wenn er unter einem kleinern Winkel als 40 Sek. in's Auge fiel, wiewohl jede der beyden Stecknadeln allein unter einem viel kleinern Winkel noch zu erkennen war. Hieraus folgt aber nicht, daß das Auge einem Fehler von 40 Sekunden bey Schätzung der Weite zweyer Stifte unterworfen ſey, wenn ſie viel weiter von einander ſtehen. Denn wenn ihre Entfernung eine Minute beträgt, und jeder am Auge den wohl erkennbaren Winkel von 4 Sekund. macht, ſo kann das Auge die Stelle jedes Stifts höchſtens auf 2 Sekunden, und alſo den Winkel zwiſchen beyden Stiften höchſtens auf 4 Sekund. irrig

irrig ſchätzen, wofern ſonſt das Werkzeug genau genug iſt. Und doch gründete ſich auf einen ſolchen Fehlſchluß Hooke's vornehmſter Einwurf gegen die Richtigkeit der Hevel'ſchen Beobachtungen.

Ein ſchwarzes Täpfelchen auf einem weißen Grunde läßt ſich gewöhnlich nicht wohl erkennen, wenn es einen kleinern Winkel als den von 1 Minute am Auge macht. Zeichnet man auf einem weißen Papiere zwey ſchwarze Tüpfelchen ſo weit von einander, als die Breite des einen beträgt, ſo läßt ſich dieſer Zwiſchenraum, ſelbſt innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens, nicht erkennen, wenn der Sehewinkel ſo klein iſt, als derjenige, unter welchem ein einziges Tüpfelchen von derſelben Größe ſich noch erkennen läßt. Er muß größer als eine Minute ſeyn. Genaue Verſuche laſſen ſich hierüber, innerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens, nicht anſtellen, weil die Gegenſtände gar zu klein ſeyn müßten; aus groben Verſuchen, die Jurin mit viereckigen Stücken weißes Papier auf ſchwarzem Grunde machte, erhellte inzwiſchen ſo viel, daß der kleinſte Winkel, unter welchem der Zwiſchenraum der beyden Gegenſtände zu erkennen ſteht, wenigſtens um den vierten Theil größer iſt, als der kleinſte Winkel, unter welchem die Gegenſtände, jeder einzeln, zu empfinden wären. Ein Auge, das eine einzelne Sache unter keinem kleinern Winkel, als einer Minute, erkennen kann, wird den Zwiſchenraum von zwey ſolchen Sachen nicht erkennen können, wenn er weniger als 75 Sek. ausmacht.

Außerhalb der Grenzen des deutlichen Sehens wird die Entfernung, auf welche eine einzelne Sache empfindbar bleibt, viel größer gegen diejenige werden, in welcher ein gleich großer Zwiſchenraum von zwey ſolchen

ſolchen Sachen erkennbar iſt. Denn alsdenn werden die Zerſtreuungsräume von zwey nahen Sachen in den Raum zwiſchen ihnen rucken, und dieſen undeutlich machen; aber einer einzelnen Sache Bild wird durch den Zerſtreuungsraum größer werden, und die Sache daher erkennbar machen, wenn es anders nicht zu matt iſt.

Auch erklärt er aus dieſen Gründen das Blinkern der Sterne, wodurch ihr Licht nach verſchiedenen Gegenden hin zu gleicher Zeit zu ſchießen ſcheint.

Tobias Mayer [1]) machte mancherley Verſuche, den kleinſten Sehewinkel unter allerhand Umſtänden zu beſtimmen. Zuerſt beobachtete er die Entfernung, in der ein ſchwarzer Fleck auf ſehr weißem Papiere unkenntlich zu werden anfing, und ſchloß, aus mehreren Verſuchen ein Mittel genommen, daß der kleinſte Sehewinkel 34 Sekund. betrage. Schwarze Striche mit Zwiſchenräumen von größerer Breite als ſie ſelbſt hatten, waren auf größere Weiten kenntlich, als wenn die Zwiſchenräume ſo breit, als die Striche ſelbſt waren. Uebrigens blieb der kleinſte Sehewinkel einerley, er mochte die Sachen an einem ſchattigen Orte oder in dem ſtärkſten Sonnenlichte betrachten. Wenn aber die Erleuchtung ſchwach war, ſo ereignete ſich zwar mehrere Ungleichheit in den Sehewinkeln, aber doch lange nicht nach dem Verhältniſſe der Erleuchtungen. Denn wenn eine Sache bey einem gewiſſen Grade von Erleuchtung in einer Entfernung von 9 Fuß unkenntlich ward, ſo konnte eben dieſe Sache bey einer 169 mahl kleinern Erleuchtung von 4 Fuß eben ſo gut geſehen werden. Aus ſeinen Ver-

1) Experim. circa viſus aciem in Comment. Goetting. Tom. IV. p. 97.

Verſuchen folgerte er, daß das gewöhnliche Tageslicht insgemein ſo viel erleuchtet, als 25 Lichter in der Entfernung eines Fußes von der Sache.

De la Hire hatte einen Verſuch gemacht, den D. Jurin auf folgende leichtere Art unternahm. Hält man nämlich ein Parallellineal nicht weit geöffnet gerade vor das Auge, ſo daß man dadurch das Tageslicht ſehen kann, ſo wird der Zwiſchenraum in der kleinſten Entfernung zum deutlichen Sehen wie ein einziger heller Strich ſich zeigen. Bringt man aber das Parallellineal näher an das Auge, ſo wird der Zwiſchenraum doppelt, wie zwey helle Striche mit einem dazwiſchen liegenden dunkeln, erſcheinen, und mit Veränderung der Oeffnung oder der Entfernung wird man nicht allein mehrere helle und dunkle Striche einen um den andern, ſondern ſo viele wahrnehmen, daß man ſie nicht zählen kann, beſonders wenn man durch die Oeffnung nach einer Lichtflamme ſieht. Eben dieß nimmt man auch wahr, wenn das Lineal in allzugroßer Entfernung von Kurzſichtigen, oder durch ein erhabenes Glas von Weitſichtigen betrachtet wird. Dieſe und ähnliche Erſcheinungen will D. Jurin aus der Newton'ſchen Hypotheſe von den Anwandlungen des leichtern Durch- und Zurückgehens erklären. Robins [m]) hingegen erklärt ſie aus der Anſtrengung des Auges, welche es ſich geben muß, um außer den Grenzen des deutlichen Sehens etwas zu unterſcheiden, wodurch die Oberfläche ungleich geſpannt und runzelicht werde. Wenn Jurin's Erklärung des Verſuchs mit dem Parallellineale richtig wäre, ſo würde, ſagt er, folgen, daß die Sterne nicht mit Lichtſpitzen, ſondern

m) Tracts. Vol. II. p. 280.

dern mit concentriſchen Lichtkreiſen umgeben zu ſeyn ſcheinen müßten, wie der helle Strich mit parallelen Linien. Ein ſehr kleines Nadelloch in einem Stücke Papiere, das man gegen das Licht, zuerſt in einer Entfernung vom Auge, in der man es deutlich ſieht, und darauf immer näher hält, wird, ſagt er, ſobald es ſeine Deutlichkeit verliert, Strahlen wie ein Stern zu ſchießen, aber nicht mit hellen Kreiſen umgeben zu ſeyn ſcheinen. Wenn man, fährt er fort, auf alle Umſtände bey dieſem Verſuche wohl Acht hat, ſo wird man daraus die hellen Striche an dem andern Verſuche erklären können; indem in den meiſten dieſer Strahlen, wo nicht in allen, ein lichter Fleck ſich zeigen wird, ſo daß, wenn man in das Papier durch das Loch einen Einſchnitt, von der Breite des Lochs, macht, jeder dieſer Flecken ein lichter mit dem Einſchnitte paralleler Strich werden wird.

Endlich erzählt Jurin am Ende ſeiner Abhandlung, was erfolgt, wenn man eine helle von einer dunkeln umgebene Fläche aufmerkſam betrachtet; hiebey erſcheint nämlich bisweilen ein heller Rand innerhalb des dunkeln, und ein dunkeler Rand innerhalb des hellen. Er erklärt dieß daher, daß der Eindruck des Lichts auf der Netzhaut noch einige Zeit, nachdem er ſchon vorbey iſt, fortdauert, wie man z. B. erfährt, wenn man in die Sonne geſehen hat. Denn bey dem geringſten unvermeidlichen Wanken des Kopfes wird die Stelle der Netzhaut, auf welche vorher die dunkeln und matten Striche außerhalb des Bildes fielen, von dem Lichte des hellen Theils einen Eindruck bekommen, und dieſer plötzliche Uebergang vom Dunkeln zum Hellen wird darauf eine lebhaftere Empfindung des Lichts verurſachen, als der übrige Theil der

Netzhaut hat, der die ganze Zeit zuvor von dem Lichte des weißen Papiers gerührt geweſen iſt; d. i. die helle Fläche wird mit einem noch hellern Rande umgeben zu ſeyn ſcheinen. Wenn ſich nun das Auge ein wenig zur Seite dreht, um dieſen hellen Rand beſſer zu betrachten, ſo wird eine Stelle der Netzhaut, auf welche vorher das Bild eines Theils der ſchwarzen Fläche fiel, nunmehr von dem Lichte der weißen Fläche gerührt, und weil ſie noch dunkeler als jene erſtere geweſen war, ſo iſt die Empfindung des Lichts darauf noch ſtärker als dort, d. i. der helle Rand wird noch breiter und heller als zuvor.

J. de la Motte [n]) hat einige Erſcheinungen, welche das deutliche und undeutliche Sehen betreffen, wohl erklärt, und zwar bey der Gelegenheit, da er einen nach Scheiner'n angeführten Verſuch nachmachen wollte, wobey er fand, daß ein entfernter Gegenſtand vielfach erſcheint, wenn man ihn durch zwey oder mehrere Löcher betrachtet, die mit einer Nadel in ein Kartenblatt nicht weiter von einander, als die Weite der Augenöffnung beträgt, geſtochen ſind. Es wollte ihm aller Bemühungen ungeachtet der Verſuch nicht gelingen, als ein Freund, der ihn beſuchte, auf ſein Verlangen die Probe machte, und ſie dieſem vollkommen gelang. Sein Freund war kurzſichtig, er aber nicht. Als er demſelben ein Hohlglas gab, das er hart an das Kartenblatt halten mußte, erſchien der Gegenſtand nur einfach. Durch dieſe Bemerkung fand ſich de la Motte im Stande, die Sache völlig in's Licht zu ſetzen.

Wenn

n) Verſuche und Abhandlungen der Geſellſchaft in Danzig. B. II. S. 290. f.

Wenn die Sache ſo weit entfernt, und das Auge ſo beſchaffen iſt, daß es ohne alle Anſtrengung die zuſammengehörenden Strahlen auf einem Punkte der Netzhaut vereinigt, ſo wird die Sache nie anders als einfach erſcheinen, durch wie viele Löcher man ſie auch betrachtet. Die Theile des Kartenblattes, welche das Licht auffangen, werden die Menge der in jedem Lichtkegel enthaltenen Strahlen nur vermindern, und die Sache wird weniger helle ſcheinen. Iſt aber das Auge genöthigt, ſeine Geſtalt zu ändern, um Deutlichkeit zu erhalten, ſo giebt das Dazwiſchenkommen des Kartenblattes, indem man dadurch zu einer andern Idee oder einer andern Schätzung der Entfernung verleitet wird, dem Auge ſeine ihm natürliche Einrichtung wieder, und alsdenn werden die von einem Punkte herkommenden Lichtſtrahlen, welche durch die verſchiedenen Löcher fallen, entweder erſt hinter der Netzhaut ſich vereinigen wollen, oder ſie thun dieß ſchon, noch ehe ſie die Netzhaut erreichen. In beyden Fällen wird es ſo viel von einander verſchiedene Eindrücke geben, als Löcher in dem Blatte ſind, mit dem Unterſchiede, daß in dem erſten Falle die Bedeckung eines Lochs rechter Hand ein zur rechten liegendes Bild verſchwinden machen wird; dagegen in dem andern Falle auf die Bedeckung eines Lochs rechter Hand ein zur linken liegendes Bild wegfallen wird, weil die Strahlen ſich, ehe ſie die Netzhaut erreichten, kreuzen.

Noch eine andere Urſache der Undeutlichkeit des Sehens liegt in der zu großen Dünne der Lichtkegel, welche das Bild einer Sache machen. Einiges hievon führt Prieſtley o) an, welches ihm von ſeinem Freunde Michell mitgetheilt worden iſt. Am beſten

o) Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 490.

beſten ſcheint der Verſuch zu gerathen, wenn man die Oeffnung eines Fernrohrs nimmt, weil dadurch die Strahlenkegel ſehr dünne gemacht werden können, ohne daß man zu befürchten hat, wegen der Anziehung der Seiten des Lochs, als wodurch die Strahlenkegel zuſammen gezogen werden möchten, in Irrthum zu gerathen. Michell fand aus ſeinen damaligen Verſuchen, daß das Bild ziemlich merklich undeutlich war, wenn der Strahlenkegel nur $\frac{1}{100}$ eines Zolls im Durchmeſſer hielt; daß es aber, wenn dieſer Durchmeſſer nur $\frac{1}{1000}$ eines Zolls betrug, ſo ſehr undeutlich ward, daß er nicht mit Sicherheit ein kleines dreyeckigtes Loch von einem kreisrunden zu unterſcheiden im Stande war. War der Strahlenkegel ohne die Karte $\frac{1}{2000}$ eines Zolls ſtark, ſo konnte er mit aller Anſtrengung von der ganzen Geſtalt der Lichtflamme nur einige ſchwache Spuren unterſcheiden.

Als er die Sonne betrachtete, und der Strahlenkegel etwa nur $\frac{1}{2000}$ eines Zolls im Durchmeſſer hielt, ſo ſchien ſie ihm eben ſo undeutlich, als die Lichtflamme es geweſen war. Er konnte zwar noch unterſcheiden, wo das Sonnenbild war, es war aber ganz außerordentlich undeutlich und übel abgeſchnitten, wiewohl bey alle dem die Helligkeit der Sonne noch größer, als die Helligkeit des Mondes mit bloßen Augen geſehen, war, und dieß etwa in dem Verhältniſſe von 2 zu 1, wenn man die Oeffnung des Auges beym Anſehen des Mondes auf $\frac{1}{8}$ Zoll ſetzt, noch immer wenigſtens hundertmahl größer blieb, als die Helligkeit ihres Bildes, wenn man ſie durch ein Helioſkop betrachtet, wo ſie doch ſehr ſchön und wohl abgeſchnitten erſcheint.

Auch verſuchte er es mit einer dreyeckigen Strahlenpyramide, deren Durchſchnitt etwa noch einmal ſo groß als der des Strahlenkegels vorher war. Auf ſolche Art erſchien die Sonne wenig oder gar nicht deutlicher; er bemerkte aber nichts von dem Strahlenſchießen, das er vorher an den Punkten des Lochs wahrgenommen hatte, ſondern die Winkel waren vielmehr abgeſtumpft.

Dieſe Art von Undeutlichkeit ward bey dieſen Verſuchen zwar nicht eher merklich, als bis der Strahlenkegel nur etwa noch $\frac{1}{100}$ Zoll im Durchmeſſer hielt, allein ſie möchte wohl nach der Muthmaßung des Herrn Michell ſchon einzutreten anfangen, wenn der Strahlenkegel kleiner, als $\frac{1}{30}$ Zoll iſt. Er glaubt, daß man bey der Verſtärkung der Vergrößerungskraft der Fernröhre, wenn gleich die Helligkeit noch hinlänglich groß gelaſſen wird, wenig oder gar nichts gewinne, wofern der Strahlenkegel unter der eben erwähnten Dicke vermindert wird. Doch war das von ihm gebrauchte Fernrohr keines der deutlichſten, wenn ihm auch die volle Oeffnung gelaſſen ward.

Was die ſcheinbare Stelle der Gegenſtände betrifft, welche Barrow nach einer ihm eigenen Hypotheſe zu beſtimmen geſucht hatte, ſo fand er ſelbſt einige Schwierigkeiten, welche Berkley [p]) zu heben ſuchte. Dieſer bemerkt, daß die durch den Zerſtreuungskreis der Strahlen auf der Netzhaut verurſachte Undeutlichkeit dieſelbe iſt, es mögen die Strahlen ſich dieſſeits der Netzhaut ſchon vereinigt haben, oder ſich erſt jenſeits derſelben vereinigen wollen; deßwegen werde in beyden Fällen das Urtheil von der Entfernung einer:

p) Eſſay towards a new theory of viſion. Dublin 1709. 8.

einerley ſeyn, ohne daß die Stelle, woher die Strahlen urſprünglich kommen, dabey in Betrachtung gezogen würde; und da in dieſem Falle, ſo wie man ſich von dem Linſenglaſe entfernt, die Undeutlichkeit, die allemal bey einem zu nahen Gegenſtande ſich äußert, größer werde, ſo werde man urtheilen, daß der Gegenſtand näher rucke.

Dagegen erinnert D. Smith[q]), daß ſolchergeſtalt die Sache immer in einer geringern Entfernung vom Auge zu ſeyn ſcheinen müßte, als diejenige iſt, in welcher man Gegenſtände deutlich ſieht, welches aber keinesweges der Fall ſey. Er nimmt zur Erklärung ſowohl dieſes Falles, als aller anderer, wobey eine Schätzung der Entfernung vorkommt, an, daß wir von der Entfernung bloß, oder hauptſächlich nach der ſcheinbaren Größe der Sache urtheilen, weßwegen in dieſem Falle, da das Bild größer wird je weiter man ſich von dem Glaſe entfernt, durch welches man die Sache betrachtet, dieſe uns näher zu kommen ſcheine. Er bemüht ſich auch zu erweiſen, daß man allemal, wenn man ein Glas gebraucht, nach dieſer einfachen Regel die Entfernung ſchätze, und folgert daraus überhaupt, daß die ſcheinbare Entfernung einer durch ein Glas geſehenen Sache ſich zu ihrer ſcheinbaren Entfernung für das bloße Auge verhalte, wie ihre ſcheinbare Größe für das bloße Auge zu der ſcheinbaren Größe durch das Glas.

Daß wir aber von der Entfernung nicht bloß nach dem Sehewinkel urtheilen, iſt eine ſchon von dem Araber Alhazen gemachte Bemerkung, welcher einige Bey-

q) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 48 u. 404.

Beyſpiele anführt, in welchen zwar die Sehewinkel verſchieden ſind, und die ſcheinbaren Größen dennoch von Jedem und augenblicklich für nicht unterſchieden erklärt werden. Auch zeigt Robins r), daß Smith's Hypotheſe der Erfahrung in den gemeinſten und einfachſten Fällen widerſpreche. Bey Mikroſkopen, ſagt er, kann das Auge unmöglich die Sache ſo vielmal näher ſchätzen, als ſie vergrößert wird, weil bey ſtarken Vergrößerungen die Entfernung ſo groß ausfallen müßte, daß man gar keinen Begriff davon haben könnte, da man die Sache nie ſo nahe ans Auge bringen kann. Ueberhaupt meint er, werde ein jeder, der eine Sache erſt durch ein erhabenes Glas, und darauf ohne Glas betrachte, ſie in dem letztern Falle für näher halten, ob ſie gleich durch das Glas vergrößert wird; und wenn man eben dieſes mit einem Hohlglaſe verſuche, werde die Sache zwar durch das Glas kleiner, aber zugleich näher, als ohne das Glas, zu ſeyn ſcheinen.

Der ſtärkſte Beweis aber, daß die ſcheinbare Entfernung des Bildes ſich nicht nach deſſen ſcheinbarer Größe richtet, iſt folgender Verſuch. Man halte vor einem auf beyden Seiten erhabenen Glaſe ein leuchtendes Objekt, z. B. eine Lichtflamme, ſo wird man zwey Bilder, ein aufrechtes und ein umgekehrtes ſehen, das erſte durch die Zurückſtrahlung von der Vorderfläche, und das zweyte durch die Zurückſtrahlung von der Hinterfläche, vor und nach welcher die Strahlen von der Vorderfläche gebrochen werden. Hat dieſes Glas eine nicht gar zu kurze Brennweite, ſo wird das umgekehrte Bild, wenn das Glas nahe an den Gegenſtand gehalten wird, größer und auch näher,

r) Tracts. Vol. II. p. 247.

näher, als das aufrechte, ſcheinen; wird aber das Glas von dem Gegenſtande entfernt, und das Auge bleibt dem Glaſe ſo nahe wie vorher, ſo wird das umgekehrte Bild ſo viel ſchneller, als das andere, abnehmen, daß es zuletzt viel kleiner, aber doch näher als dieſes erſcheinen wird. Hier werden, ſagt Robins, zwey Bilder einer und derſelben Sache zu gleicher Zeit geſehen und ihre ſcheinbaren Entfernungen werden unmittelbar mit einander verglichen; und man ſieht dabey offenbar ein, daß dieſe Entfernungen mit ihrer ſcheinbaren Größe gar nichts zu thun haben. Dabey zeigt er noch, wie man dieſen Verſuch auf eine noch überzeugendere Art anſtellen könne, wenn man nämlich ein Stück Papier mitten auf dem Glaſe befeſtigt, und es durch eine kurze Röhre betrachtet.

Auch Montucla *) erklärt ſich gegen D. Smith's Hypotheſe von der ſcheinbaren Größe der Entfernung. Er glaubt gegen Smith und andere Optiker beweiſen zu können, daß, wie ſchon nach Robins angeführt iſt, eine Sache durch ein erhabenes Glas betrachtet weiter entfernt zu ſeyn ſcheint, als mit bloßen Augen. Man lege ein ſolches Glas auf beſchriebenem Papiere oder ſonſt einer Sache, ſo wird dieſe, wenn man das Glas davon wegruckt, ſich weiter zu entfernen ſcheinen, je größer ſie wird. Genügt dieß nicht, ſo ſchlägt er folgenden Verſuch vor, wodurch er manchen auf ſeine Meynung gebracht zu haben verſichert. Er ließ ſie durch ein Converglas auf den Rand eines Tiſches herunter ſehen, und ſagte, ſie möchten mit dem Finger den Rand zu berühren ſuchen; es war aber keiner, der nicht zu weit herunter gefahren wäre, da ſie

*) Hiſt. des mathemat. Vol. II. p. 602.

ſie doch zu hoch getroffen haben würden, wenn ſie den Rand näher als vorher gehalten hätten.

In der Erfahrung, welche Barrow anführt, um die Unrichtigkeit der Meynung zu beweiſen, daß der ſcheinbare Ort des Bildes eines Punktes in dem Durchſchnitte des gebrochenen Strahls mit dem Perpendikel von dem Punkte auf die brechende Fläche ſeyn ſollte, glaubt Montücla auch einen Grund wider Smith's Hypotheſe zu finden. Denn nach derſelben müßte jeder Theil eines ſenkrecht in's Waſſer gehaltenen Stabes, den man ſchief anſieht, deſto kleiner ſcheinen, je tiefer er liegt. Am Ende geſteht doch Montücla mit Barrow ein, daß bey der Erklärung der undeutlichen Erſcheinung durch ein Linſenglas noch Schwierigkeiten übrig bleiben, welche wegzuräumen er die Optiker auffordert.

Erläuterungen hierüber hat Bouguer [t]) gemacht, welcher Barrow's allgemeine Regel annimmt, daß wir den Ort eines Punktes dahin ſetzen, woher die Strahlen dem Anſehen nach auseinanderfahrend in's Auge kommen. Kommen die Strahlen von einem Punkte unterhalb der Oberfläche des Waſſers oder eines andern brechenden Mittels, ſo findet er, daß es zwey ſolcher Vereinigungspunkte giebt, von welchen die Strahlen aus, und in's Auge fahren; einen nämlich für diejenigen Strahlen, welche in derſelben ſenkrechten Fläche befindlich ſind, und alſo gegen die brechende Fläche ſich verſchiedentlich neigen, und einen andern für diejenigen, welche auf die brechende Fläche mit demſelben Grade der Schiefe fallen, und einer neben dem andern zur Seite in's Auge kommen. Bisweilen iſt es das eine, bisweilen das andere

t) Traité d'optique. p. 104.

dere dieſer Bilder, woran die Seele ſich hält, und verſchiedene Perſonen können ganz wohl verſchiedene Bilder ſehen.

Es ſey (fig. 70.) baβ ein Theil der Oberfläche des Waſſers, und der Gegenſtand in o, von welchem die Linie oa ſenkrecht auf die brechende Fläche iſt. Von dieſem Punkte o entſtehen zwey Bilder, eines in g, einem Punkte der Brennlinie durch die Brechung, das andere in e auf der ſenkrechten oa, die ebenfalls als eine Brennlinie anzuſehen iſt. Das erſte Bild wird durch Strahlen, wie odm, o$\delta\mu$ empfunden, deren einer nach dem Auge hin höher liegt, als der andere; dagegen das Bild in e von Strahlen, wie odm, oϵf, gemacht wird, welche einer neben dem andern in's Auge kommen. Dieſes kann, ſagt er, zur Erklärung der Schwierigkeit dienen, welche Tacquet, Barrow, Smith und viele andere ſich gemacht haben, und die Newton ſelbſt für ſehr groß erklärt hat, wiewohl ſie nicht ganz unauflößlich ſeyn mag.

G. W. Kraft [u]) vertheidigt Barrow's Grundſatz von dem Orte eines durch Zurückſtrahlung oder Brechung geſehenen Bildes. Was den Fall betrifft, da ein entfernter Gegenſtand in einem Hohlſpiegel von einem nahe vor demſelben befindlichen Auge geſehen wird, als wobey Barrow's Regel nicht gebraucht werden kann, weil das Bild zwiſchen das Auge und die Sache fällt, ſo erinnert er, daß man in dieſem Falle den Spiegel als eine Menge ebener Spiegel betrachten könne, wiewohl das Bild etwas undeutlich ſey.

In Anſehung unſers Urtheils über die Entfernungen der Gegenſtände hat Porterfield [x]) ſehr gute

Ideen

u) Comment. Petrop. Vol. XII. p. 252.

x) On the eye. Vol. II. p. 387.

Ideen vorgetragen. Zu allen denjenigen Mitteln, welche ſchon de la Hire (Th. III. S. 148.) angeführt hat, rechnet er noch das Vermögen des Auges, ſich ſelbſt auf verſchiedene Entfernungen einzurichten. Das erſte Mittel, deſſen ſich die Seele bedient, die Entfernung einer Sache zu ſchätzen, iſt die Einrichtung, welche dem Auge nöthig iſt, auf verſchiedene Entfernungen deutlich zu ſehen. Die Seele iſt ſich der dazu nöthigen Bemühungen bewußt, und kann dadurch gewiſſer Maaßen ſelbſt mit einem Auge alle Entfernungen ſchätzen. Dieſes Mittel aber iſt außer den Grenzen des deutlichen Sehens nicht mehr brauchbar, wiewohl alsdenn der größere oder geringere Grad von Undeutlichkeit, nachdem die Sache mehr oder weniger über die Grenzen hinaus liegt, zur Schätzung der Entfernung behülflich iſt. Dieſer Gebrauch der Undeutlichkeit iſt aber auch eingeſchränkt. Denn wenn die Entfernung der Sache ſo groß iſt, daß die Weite der Oeffnung des Auges dagegen nicht mehr in Vergleichung kommt, ſo wird man die von einem Punkte der Sache herkommenden Strahlen für parallel halten können, und ihr Bild auf der Netzhaut wird deßwegen nicht merklich undeutlicher werden, wenn ſie auch beträchtlich weiter entfernt wird.

Ein Hauptmittel, um die Entfernung zu beurtheilen, ſagt er, liegt in dem Winkel der Sehearen. Unſere beyden Augen ſind gleichſam zwey Standpunkte, von welchen man die Entfernungen der Gegenſtände aufnimmt; und darum fehlen ſo oft Einäugige, wenn ſie Getränke in ein Glas gießen, ein Licht ſchneuzen, oder ſonſt etwas thun wollen, wovon die Entfernungen genau abgemeſſen werden müſſen. Dieſes überzeugend einzuſehen, ſagt er, hänge man einen Ring

an

an einem Faden auf, ſtelle ſich zwey oder drey Schritte von ihm, mit dem Geſichte gegen die ſchmale Fläche deſſelben ſo gekehrt, daß die Oeffnung nach der rechten und linken Hand hin liege, und verſuche bey geſchloſſenem einen Auge mit einem am Ende gekrümmten Stabe durch den Ring zu treffen. So leicht dieß zu ſeyn ſcheint, ſo wird man doch finden, daß es vielleicht unter hundertmalen nur einmal geräth, beſonders wenn man den Stab etwas geſchwinde bewegt.

Noch führt er an, daß es Leuten, die mit einem Auge blind geworden ſind, ohne zu wiſſen, wie lange ſie es ſind, wohl möglich iſt, dieſes angeben zu können, wenn ſie ſich beſinnen, um welche Zeit ſie angefangen haben, die vorher bemerkten Fehler zu begehen. Dieſes iſt ein Umſtand, der einem Arzte zur Hebung des Uebels nützlich ſeyn kann, und deſſen ſich Porterfield ſelbſt einmal zur Heilung des ſchwarzen Staars bediente, weil er daraus ſchloß, daß dieſes Gebrechen noch nicht alt wäre. Uebrigens hilft der Winkel der Seheaxen zur Schätzung der Entfernungen nur auf eine gewiſſe Weite, welche Dechales zu 120 Fuß anſetzt, weil weiterhin der Winkel ſich nicht merklich verändert.

Das dritte Hülfsmittel zur Beurtheilung der Entfernungen beſteht in der ſcheinbaren Größe der Sachen, welches Smith für ſo wichtig hielt. Von der Veränderung des Bildes auf der Netzhaut ſchließen wir leicht auf die Entfernung der Sache, wofern uns anders die wahre Größe der Sache bekannt iſt; denn ſonſt können wir aus der ſcheinbaren Größe allein gar nicht auf die Entfernung ſchließen.

Hieraus

Hieraus begreift man, warum man in der Schätzung der Entfernungen ſo oft irrt, wenn man einen Gegenſtand von ungewöhnlicher Größe vor ſich ſieht, z. B. wenn man auf eine große Stadt, eine Domkirche oder einen Berg von außerordentlicher Größe zu reiſet, da man dergleichen Gegenſtände immer für näher hält, als ſie wirklich ſind. Darum ſehen auch Thiere und alle kleine Sachen, die man von unten aus dem Thale an einem hohen Berge ſieht, außerordentlich klein aus. Denn wir halten den hohen Berg für niedriger, als er iſt, und würden uns nicht wundern, daß die Thiere auf demſelben ſo klein ausſehen, wenn wir wüßten, daß ſie ſo weit von uns ſind.

Jurin [y]) erklärt deutlich, warum Gegenſtände, welche man von einem hohen Gebäude herab betrachtet, kleiner ausſehen, als ſie ſind, und kleiner, als ſie uns vorkommen, wenn man ſich mit ihnen auf derſelben horizontalen Ebene befindet. Unter dieſen Umſtänden, ſagt er, haben wir keinen deutlichen Begriff von Entfernungen, und urtheilen alſo bloß nach der Größe des Bildes im Auge; allein durch Gewohnheit werden wir in dieſem Falle eine Fertigkeit erhalten, richtig zu urtheilen. Man laſſe einen Knaben, der nie oben auf einem hohen Gebäude geweſen, die Spitze eines hohen Gegenſtandes beſteigen, und von da auf die Gaſſe herunter ſehen, ſo werden ihm Menſchen und Pferde unten an der Erde ſo klein vorkommen, daß er ſich ſehr darüber wundern wird. Aber nach zehn oder zwanzig Jahren, wenn er in der Zeit manchmal von ſo großen Höhen herunter zu ſehen ſich gewöhnt hat, werden ihm dieſelben Gegenſtände nicht mehr ſo klein vorkommen. Und wenn er ſie von ſolchen Höhen herab ſo

y) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 53.

ſo oft ſähe, als er ſie mit ſich auf derſelben Ebene auf den Gaſſen ſieht, ſo würden ſie ihm, wie er glaubt, oben von der Spitze des Gegenſtandes herab nicht kleiner vorkommen, als wenn er ſie aus einem Fenſter im erſten Stocke betrachtet. Darum müſſen auch die Bildſäulen, die auf hohen Gebäuden zu ſtehen kommen ſollen, größer als diejenigen gemacht werden, die man in der Nähe ſehen ſoll, weil alle Leute, Baumeiſter ausgenommen, hohe Gebäude für niedriger halten, als ſie wirklich ſind.

Als das vierte Mittel, Entfernungen zu ſchätzen, giebt Porterfield die Lebhaftigkeit der Farbe an, mit welcher die Gegenſtände erſcheinen. Wenn wir wiſſen, daß zwey Sachen einerley und gleich ſtarke Farbe haben, und eine derſelben erſcheint uns heller und lebhafter als die andere, ſo werden wir die hellere für näher halten.

Das fünfte Mittel, die Entfernungen zu ſchätzen, beſteht in dem verſchiedenen Ausſehn der kleinen Theile der Gegenſtände. Erkennt man dieſe deutlich, ſo halten wir den Gegenſtand für nahe; können wir ſie nicht anders als undeutlich oder gar nicht ſehen, ſo halten wir ihn für entfernt. Denn das Bild einer Sache oder eines ihrer Theile wird kleiner in dem Verhältniſſe, als die Sache fortruckt.

Das ſechſte Mittel endlich liegt darin, daß man nicht eine Sache allein, ſondern alle umliegende um den Hauptgegenſtand, deſſen Entfernung man ſchätzt, zugleich mit betrachtet. Je mehr der Zwiſchenraum von dem Auge bis an denſelben in kleinere und deutlich erkannte Theile getheilt iſt, deſto größer wird er uns vorkommen. Darum ſcheinen Entfernungen auf unebenen Flächen kleiner, als auf einer ebenen. Denn die

die Ungleichheiten des Bodens, als Hügel, Vertie-fungen und Flüſſe, die niedrig und außer dem Geſichte ſind, fallen theils nicht in die Augen, theils entziehen ſie das dahinter liegende dem Anblicke; daher der ganze Zwiſchenraum um die nicht zu Geſichte kommenden Theile vermindert wird. Darum erſcheinen die Ufer eines entfernten Fluſſes zuſammen zu ſtoßen, wenn das Waſſer niedrig fließt und nicht geſehen wird.

Porterfield erklärt einige Geſichtsbetrüge, welche von einer irrigen Schätzung der Entfernung herrühren. So ſcheinen uns parallele Reihen von Bäumen immer mehr und mehr ſich einander zu nähern, je weiter ſie fortlaufen, weil die ſcheinbare Größe ihrer ſenkrechten Zwiſchenweiten beſtändig abnimmt, und wir uns zugleich in der Schätzung der Entfernung irren. Hingegen, wenn die parallel laufenden Reihen längſt einer Anhöhe hingepflanzt ſind, ſo daß nunmehr die entferntern Theile weiter ſcheinen als ſie wirklich ſind, weil der Sehewinkel größer wird, als wenn ſie horizontal wären, ſo werden die Reihen nicht ſo ſehr als in jenem Falle zuſammenlaufend, ja wohl gar aus einander laufend ſcheinen.

Aus eben dem Grunde, aus welchem eine lange Allee ſich zuſammenzuziehen ſcheint, werden auch die entfernten Theile eines horizontalen Bodens allmählich ſich zu erheben ſcheinen, und mit ihnen zugleich die darauf ſtehenden Gegenſtände; da hingegen die Decke einer langen Gallerie nach der horizontalen Ebene durch das Auge des Beobachters ſich herab zu ſenken ſcheint. Darum erhebt ſich die Fläche der See, wenn man ſie von einer Anhöhe betrachtet, deſto mehr, je weiter man ſeine Blicke richtet; und die obern Theile eines hohen Gebäudes haben das Anſehen, als ob ſie ſich

vorwärts

vorwärts neigten, weil ſie ſich der ſenkrechten Linie durch das Auge des Beobachters zu nähern ſcheinen; weßwegen auch Statuen auf der Spitze ſolcher hoher Gebäude ein wenig rückwärts gelehnt werden müſſen, wenn ſie aufrecht ſtehend ausſehen ſollen.

Eine Windmühle, fährt er fort, die man in einer großen Entfernung ſieht, kann ſich nach einer der wirklichen Richtung entgegengeſetzten zu bewegen ſcheinen, wenn wir das nähere Ende eines Flügels für das entferntere halte. Daher kommt es auch, daß wir bisweilen ungewiß ſind, nach welcher Gegend ſich ein Kronleuchter dreht; daß wir eine vertiefte Fläche und eine erhabene mit einander verwechſeln, beſonders wenn wir Siegel und Abdrücke mit einem Converglaſe oder mit einem zuſammengeſetzten Mikroſkop betrachten; daß wir des Nachts, wenn wir in eine Gaſſe kommen, welche nur von einer Reihe Laternen erleuchtet iſt, dieſe an die unrechte Seite ſetzen.

Noch weit mehr ward dieſer Gegenſtand von Bouguer [2]) aus einander geſetzt. Die wahre Methode, zwey ſcheinbar parallel laufende Reihen von Bäumen zu ziehen, iſt eine Aufgabe, welche das Nachdenken mehr als eines Naturforſchers und Mathematikers beſchäftigt hat. Daß die ſcheinbare Größe einer Sache mit dem Winkel, unter welchem ſie geſehen wird, abnimmt, iſt von jeher als ausgemacht angenommen worden; desgleichen iſt von allen eingeſtanden, daß wir nicht anders, als durch Gewohnheit und Erfahrung ſowohl von der Größe, als von der Entfernung urtheilen lernen; aber bey der Anwendung dieſer Grundſätze

2) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1755.

ſätze zur Auflöſung jener Aufgabe iſt von Allen, vor Bouguer, die wahre Entfernung ſtatt der ſcheinbaren gebraucht worden, da doch die Seele ſich in ihrer Schätzung bloß nach der letztern richtet. Denn es iſt klar, daß wenn durch gewiſſe Umſtände die ſcheinbare Entfernung mit der wahren nicht übereinſtimmt, die ſcheinbare Größe der Sache dadurch verändert werden muß; eben ſo wie nach einem Fehlſchluß in Abſicht auf die ſcheinbare Größe die Schätzung der Entfernung anders ausfallen wird.

Tacquet, welcher an dieſen Unterſchied nicht dachte, glaubte daher bewieſen zu haben, daß zwey Linien, z. B. zwey Reihen Bäume, welche dem Anſcheine nach parallel ſind, keine andere, als zwey mit ihren erhabenen Seiten gegen einander gekehrte Hyperbeln ſeyn könnten; und Varignon behauptete, daß eine Allee, welche immer gleiche ſcheinbare Breite behalten ſollte, ſich in der Entfernung immer mehr verengern müßte.

Bouguer bemerkt, daß die Vorſtellung von ſehr großen Entfernungen mit den um ein beträchtliches geringern beynahe einerley iſt. Darum ſtellen wir uns große Entfernungen immer zu klein vor, und deßwegen ſcheint uns der Boden einer Allee ſich immer etwas zu erheben.

Wir halten nämlich die Seheſtrahlen für kürzer, als ſie ſind, und glauben alſo, daß die Stellen, wovon ſie herkommen, höher liegen, als ſie wirklich ſind. Jede große Ebene, wie AB (fig. 71.) ſcheint demnach dem Auge in o ſich nach einer Richtung wie Ab hin zu erſtrecken, und folglich muß man, um ſcheinbar parallele Linien auf der Ebene AB zu ziehen, dergleiIn

gleichen erſt auf der Ebene Ab verzeichnen, und ſie von da auf die Ebene AB übertragen.

Die Neigung der ſcheinbaren Grundfläche Ab gegen die wahre AB zu erfahren, muß man, nach Bouguer, zwey Linien von hinreichender Länge, wozu Schnüre an kleine Stäbe befeſtigt recht gut ſind, unter einem Winkel von 3 bis 4 Grad auf dem Boden ziehen. Darauf ſtellt ſich Jemand innerhalb des Winkels dieſer beyden Linien, den Rücken nach dem Winkelpunkt hin gekehrt, und ſucht die Stelle, in welcher ihm die Linien parallel vorkommen. Die Linie, welche alsdenn vom Winkelpunkte durch ſein Auge geht, wird mit der wahren Grundfläche den geſuchten Winkel dieſer Grundfläche mit der ſcheinbaren machen.

Hierauf giebt Bouguer noch andere geometriſche Methoden zur Beſtimmung dieſes Neigungswinkels an, und ſagt, daß er ihn vermittelſt derſelben bisweilen 4 bis 5 Grad, bisweilen nur 2 oder $2\frac{1}{2}$ Grad groß gefunden habe. Der Winkel hängt nämlich von der Art, wie der Grund erleuchtet iſt, und von der Stärke der Helligkeit ab; ſelbſt die Farbe hat hieby einen Einfluß, und außerdem kömmt es noch auf die beſondere Einrichtung des Auges an, ob es bey einerley Grade des Lichts mehr oder weniger davon gerührt wird, ſo wie auch auf die Stelle der Netzhaut, wohin das Bild fällt. Denn wenn er durch eine kleine Bewegung des Kopfes machte, daß das Bild von gewiſſen Theilen des Bodens, das vorher nach unten zu hinfiel, nunmehr nach oben hin auf der Netzhaut zu liegen kam, ſo ſchien ihm dieſe ſcheinbare Neigung immer etwas größer zu werden.

Das merkwürdigſte aber, was er als zuverläſſig behauptet, iſt dieſes, daß bey einem bergan laufenden Grunde der Unterſchied zwiſchen der ſcheinbaren und wahren Grundfläche viel beträchtlicher wird, ſo daß beyde bisweilen einen Winkel von 25 bis 30 Grad mit einander machen können. Dieſes hat er ſehr oft beobachtet. Berge, ſagt er, werden ſchon unerſteiglich, wenn ihre Seitenflächen mit dem Horizonte einen Winkel zwiſchen 35 und 37 Grad machen, weil man alsdenn nicht anders als mit Hülfe von Steinen und Geſträuchen, die man ſtatt Stufen gebraucht, die Füße darauf zu ſetzen, daran hinauf klettern kann. In ſolchen Fällen ſchäzten ſowohl er als ſeine Reiſegefährten die ſcheinbare Neigung der Seitenflächen auf 60 bis 70 Grad.

Bey einem abhangenden Grunde hingegen wird der Winkel der wahren und ſcheinbaren Grundfläche zuerſt immer kleiner, bis auf einen gewiſſen Grad des Abhanges, da beyde in einander fallen, ſo daß parallele Linien, die man auf einer Fläche in dieſer Lage zöge, immer parallel zu bleiben ſcheinen würden. Senkt ſich aber der Grund noch tiefer herunter, ſo wird die Abweichung der ſcheinbaren Grundfläche von der wahren wieder zu wachſen anfangen, und zwar wird, welches merkwürdig iſt, die ſcheinbare jezt unter der wahren liegen, ſo daß die ſcheinbar parallelen Linien auf lezterer zuſammenlaufend werden.

Hieraus zieht er auch Folgen für den Fall, da mehr als eine Ebene zugleich in's Auge fallen. Wenn (fig. 72.) BH die Fronte eines Gebäudes iſt, vor welcher das Auge o in der Entfernung AB ſteht, ſo wird ſie dem Anſcheine nach die Entfernung Ab, und die Lage bh bekommen, ſo daß ſie ein wenig gegen den

den Zuſchauer geneigt liegt, es müßte denn die Entfernung gering ſeyn.

Aus vielen Betrachtungen über dieſe Materie zieht Bouguer den Schluß, daß eine horizontale Ebene demjenigen, der auf ihr ſteht, ſich nicht eher, als in einer gewiſſen Entfernung zu erheben ſcheint. Die ſcheinbare Fläche hat alſo daſelbſt eine Krümmung, deren Geſtalt nicht leicht zu beſtimmen iſt, ſo daß einer, der auf einer unendlich weit ausgedehnten Ebene ſtände, in der Mitte eines Becken zu ſtehen glauben würde. So geht es gewiſſer Maaßen auch einem, der ſich auf gleichem Grunde mit der Fläche der See befindet.

Er ſchließt mit der Anmerkung, daß es nicht ſchwer ſey, nach dieſen Regeln Linien zu ziehen, welche ſo in's Auge fallen, wie man ſie verlangt, außer wenn einige Theile der Ausſicht dem Zuſchauer nahe, andere ſehr weit von ihm ſind. Eine gerade Linie, die nahe vor ihm vorbey, unterhalb der Horizontalfläche durch das Auge geht, ſcheint in dieſem Falle in einer gewiſſen Entfernung vom Auge faſt immer merklich gekrümmt, und alle Figuren werden alsdenn ſehr verworrenen optiſchen Verzerrungen unterworfen ſeyn, worauf man bisher die Regeln der Perſpektive noch nicht angewandt hat. Zieht man einen Kreis nahe bey unſern Füßen auf demjenigen Theile der Grundfläche, der uns ganz horizontal zu bleiben ſcheint, ſo wird er uns immer wie ein Kreis erſcheinen, und in einer weiten Entfernung die Geſtalt einer Ellipſe haben; allein zwiſchen dieſen beyden Lagen wird er weder wie ein Kreis, noch wie eine Ellipſe, ſondern ohngefähr wie eine der Ovallinien des Carteſius ausſehen, die an dem einen Ende gekrümmter, als an dem andern iſt.

Daher kommt es, daß ein Parterre, welches von einem niedrigen Standpunkte verzogen ausſieht, von einem Balcon oder ſonſt einer Anhöhe betrachtet vollkommen regelmäßig erſcheint. Die ſcheinbare Unregelmäßigkeit nimmt nämlich erſt in einer größern Entfernung ihren Anfang, und die Theile des Grundes in der Nähe des Zuſchauers ſind davon befreyet. Wenn (fig. 73.) AB die Grundfläche vorſtellt, und Aa die unter dem Auge darauf ſenkrecht gezogene Linie iſt, ſo wird die Stelle T, wo die Grundfläche nach Tb hin ſich zu erheben ſcheint, deſto weiter von dem Auge wegrücken, je höher das Auge o ſteht.

D. Porterfield *) hat alles, was bey der ſcheinbaren Bewegung betrachtet werden kann, in folgende Sätze zuſammengefaßt:

1. Ein ſehr geſchwind bewegter Körper wird nicht geſehen, wenn er nicht ſehr helle iſt. So ſieht man eine Kanonenkugel nicht, wenn man ihrer Bahn zur Seite ſteht; ſieht man ihr aber in ihrem Fluge nach, ſo wird ſie ſichtbar, weil alsdenn ihr Bild lange auf derſelben Stelle der Netzhaut bleibt, und folglich einen lebhaftern Eindruck macht.

2. Eine glühende Kohle, welche geſchwind genug im Kreiſe herum geſchwungen wird, verurſacht das Anſehen eines Feuerrades, weil die Eindrücke des Lichts, welche in einer zitternden und folglich einige Zeit dauernden Bewegung beſtehen, nicht augenblicklich wieder verſchwinden, ſondern ſo lange anhalten, bis die Kohle ihren Umlauf vollendet hat und an der erſten Stelle wieder angelangt iſt.

3. Wenn zwey ungleich vom Auge entfernte Körper ſich gleich geſchwind bewegen, ſo wird der entferntere

*) On the eye. Vol. II. p. 422.

tere langſamer zu gehen ſcheinen; verhalten ſich aber ihre Geſchwindigkeiten wie ihre Entfernungen, ſo ſind ihre ſcheinbaren Geſchwindigkeiten gleich.

4. Wenn zwey ungleich vom Auge entfernte Körper ſich ungleich geſchwind nach derſelben Richtung bewegen, ſo iſt das Verhältniß ihrer ſcheinbaren Geſchwindigkeiten zuſammengeſetzt aus dem ordentlichen Verhältniſſe ihrer wahren Geſchwindigkeit und dem umgekehrten ihrer Entfernungen vom Auge.

5. Ein Körper, wie groß auch ſeine Geſchwindigkeit ſey, ſcheint ſtille zu ſtehen, wenn der von ihm in einer Sekunde beſchriebene Raum in der Entfernung unmerklich klein iſt. Daher kommt es, daß ein naher Körper, welcher ſich ſehr langſam bewegt, wie der Zeiger einer Uhr, oder ein entfernter geſchwind fortgehender Körper, wie die Planeten, ſtille zu ſtehen ſcheinen.

6. Ein Körper, der ſich mit irgend einer Geſchwindigkeit bewegt, ſcheint zu ruhen, wenn der von ihm in einer Sekunde beſchriebene Raum ſich zu ſeiner Entfernung vom Auge verhält wie 1 zu 1400.

7. Wenn das Auge ſich in gerader Linie fortbewegt, ſo werden ſeitwärts nicht zu weit entfernte Gegenſtände nach einer entgegengeſetzten Richtung ſich zu bewegen ſcheinen.

8. Wenn das Auge ſich gerade fortbewegt, und man ſich der Bewegung bewußt iſt, ſo werden entfernte Körper ſich nach derſelben Richtung mit derſelben Geſchwindigkeit zu bewegen ſcheinen. So ſcheint Jemanden, der nach Oſten hin läuft, der Mond zur rechten Hand eben dahin mit gleicher Geſchwindigkeit fortzurucken; da wegen der Entfernung des Mondes

 ſein

ſein Bild immer auf derſelben Stelle der Netzhaut bleibt, weswegen wir uns einbilden, der Mond gehe mit uns fort.

9. Wenn das Auge und der Gegenſtand nach derſelben Richtung ſich bewegen, jenes aber geſchwinder als dieſer, ſo wird dieſer ſich rückwärts zu bewegen ſcheinen.

10. Wenn zwey oder mehrere Gegenſtände ſich mit gleicher Geſchwindigkeit bewegen, und ein anderer ruhet, ſo werden jene zu ruhen, und dieſer ſich zu bewegen ſcheinen. So ſcheinen, wenn Wolken geſchwind laufen, ihre Theile in derſelben Lage zu bleiben, und der Mond nach entgegengeſetzter Richtung zu gehen.

11. Wenn das Auge ſehr geſchwind ſich fortbewegt, ſo werden zur Seite liegende unbewegte Gegenſtände den entgegengeſetzten Weg zu nehmen ſcheinen. So ſcheinen Jemanden, der geſchwind durch einen Wald reitet oder fährt, die Bäume ſich rückwärts zu bewegen, ſo wie das Ufer Jemanden, der in einem Schiffe ſitzt.

Zum Schluſſe dieſer Bemerkungen ſucht Porterfield noch eine Erſcheinung zu erklären, welche zwar bekannt genug, aber doch, ſo viel er wußte, nicht vollkommen in's Licht geſetzt iſt. Wenn ſich nämlich Jemand geſchwind umdreht, ohne von der Stelle zu gehen, ſo werden alle Gegenſtände um ihn herum ſich im Kreiſe gegenſeitig zu drehen ſcheinen, und zwar, welches eben das ſonderbare iſt, auch noch einige Zeit nachher, wenn er ſchon wieder ſtille ſteht.

Wenn wir das Auge für ruhend halten, ſo werden wir den Gegenſtänden die ganze Bewegung zuſchreiben, welche das Auge hat, ob ſie gleich unbewegt ſind;

ſind; und wenn wir gleich wiſſen, daß ſich das Auge bewegt, aber nicht glauben, daß es ſich bewegt, wie es wirklich thut, ſo werden wir bloß einen Theil der Bewegung dem Auge, den andern aber den unbewegten Gegenſtänden zuſchreiben. Es bleibt aber noch die Schwierigkeit, warum, wenn das Auge ſchon wieder ruhet, die Gegenſtände dennoch in Bewegung zu bleiben ſcheinen; da doch die Bilder auf der Netzhaut ihre Gegenſtände nicht verändern. Dieſes leitet er von einem Irrthume her, den man in Abſicht auf das Auge begeht, von welchem man, ungeachtet es völlig zur Ruhe gekommen iſt, dennoch glaubt, daß es ſich noch nach einer ſeiner vorigen entgegengeſetzten Richtung bewege; darum ſcheinen die unbewegten Gegenſtände ſich nach derſelben Richtung, welche man dem Auge zuſchreibt, zu bewegen, ungeachtet ſchon das Auge ruhet.

Molineux [b]) legte eine Frage, das Sehen betreffend, vor, welche viel Aufſehen unter den Optikern und Metaphyſikern erregt hat. Sie iſt dieſe: ob ein Blindgebohrner, der durch das Gefühl einen Würfel und eine Kugel von einander unterſcheiden gelernt hat, beyde durch den bloßen Anblick unterſcheiden würde, wenn er ſein Geſicht erhielte? Molineux beantwortet dieſe Frage mit Nein, und Locke tritt dieſer Meynung bey, aus dem Grunde, weil die durch das Geſicht und Gefühl erhaltenen Vorſtellungen keine natürliche Verbindung mit einander haben, ſondern bloß durch eine willkührliche Vergeſellſchaftung der Begriffe, wie Worte mit den bezeichneten Sachen,

b) Eſſai concerning human underſtanding. T. II. ch. 9. §. 8.

Sachen, verknüpft ſind. Allein dagegen erinnert D. Jurin[c]), daß der Blindgeweſene, dem man beyde Körper zeigt, und ſagt, daß einer der Würfel und der andere die Kugel ſey, wofern er anders um ſie rund herum gehen darf, bey genauer Betrachtung finden muß, daß die Kugel das Geſicht von allen Seiten auf einerley Art rührt, wie ſie es beym Anfühlen that; dagegen der Würfel von verſchiedenen Seiten befühlt oder geſehen ſich ſehr verſchieden zeigen muß; daher er alſo im Stande ſeyn müſſe, zu entſcheiden, welches der Würfel, und welches die Kugel ſey.

Dieſe Streitfrage zu entſcheiden, hat man oft einen blindgebornen jungen Menſchen, dem Cheſelden[d]) den Staar geſtochen hatte, angeführt. So lange dieſer junge Menſch blind war, ſo konnte er, wie alle alte Leute, die reife Staare haben, die Farben bey ſtarkem Lichte unterſcheiden. Nachdem ihm aber der Staar geſtochen war, reichten die ſchwachen Begriffe, welche er zuvor von ihnen gehabt hatte, nicht zu, ſie ihm noch kenntlich zu machen, und er hielt ſie daher nicht für dieſelben, welche er zuvor unter dieſem Namen gekannt hatte. Scharlach ſchien ihm unter allen Farben die ſchönſte, und die lebhafteſten unter den übrigen gefielen ihm am beſten. Als er zum erſtenmale Schwarz ſah, war es ihm ſehr zuwider; doch wurde er es bald gewohnt, wiewohl er, da er einige Monate darauf eine Mohrinn ſah, ſehr erſchrak.

Anfänglich, nachdem er ſein Geſicht bekommen hatte, wußte er ſo wenig von Entfernungen zu urtheilen,

c) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 39 394.

d) Philoſ. Tranſact. n. 402. und Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 40.

len, daß er ſich vielmehr einbildete, alle Sachen, die er ſähe, berührten ſeine Augen, wie das, was er fühlte, ſeine Haut. Keine Sachen waren ihm ſo angenehm, als glatte und ordentliche, ob er wohl von ihrer Geſtalt nicht urtheilen und nicht errathen konnte, was ihm an einer Sache gefiel. Er machte ſich keinen Begriff von der Geſtalt einer Sache, unterſchied auch keine Sache von andern, ſo verſchieden ſie auch an Geſtalt und Größe waren; wenn man ihm aber ſagte, was das für Dinge wären, die er zuvor durchs Gefühl erkannt hatte, ſo betrachtete er ſie ſehr aufmerkſam, um ſie wieder zu kennen; weil er aber auf einmal zu viele Sachen zu lernen hatte, ſo vergaß er immer wieder viel davon, und lernte, wie er ſagte, in einem Tage tauſend Dinge kennen, die er wieder vergeſſe. Er verwunderte ſich ſehr, daß die Sachen, die ihm mittelſt des Gefühls am beſten gefallen hatten, nicht auch ſeinem Geſichte am angenehmſten waren; er hatte erwartet, die Perſonen, welchen er am meiſten gewogen war, ſollten am ſchönſten ausſehen, und was ihm am beſten ſchmeckte, würde ihm auch am beſten in die Augen fallen. Man glaubte, er würde bald verſtehen lernen, was Gemählde wären, es zeigte ſich aber das Gegentheil. Denn zwey Monate, nachdem ihm der Staar geſtochen war, machte er plötzlich die Entdekkung, daß ſie Körper, Erhöhungen und Vertiefungen vorſtellten; bis dahin hatte er ſie bloß als buntſcheckige Flecken angeſehen. Dabey aber erſtaunte er nicht weniger, daß ſich die Gemählde nicht ſo anfühlen ließen, wie die Dinge, welche ſie vorſtellten, und daß die Theile, welche durch ihr Licht und ihren Schatten rund und uneben ausſahen, flach, wie die übrigen, anzufühlen waren. Er fragte, welcher von ſeinen Sinnen ihm täuſche, das Gefühl oder das Geſicht.

An=

Anfänglich konnte er wenig Licht vertragen, und hielt alles, was er ſah, für ungemein groß; als er aber größere Sachen ſahe, hielt er jene für kleiner, weil er ſich gar keine Linien außerhalb des Umfanges, den er ſah, vorſtellen konnte. Daß das Zimmer, worin er war, ein Theil des Hauſes ſey, wußte er wohl, er konnte aber nicht ſagen, wie das ganze Haus größer als das Zimmer ausſehe. Ehe ihm der Staar geſtochen wurde, verſprach er ſich wenig Vortheil vom Sehen, welcher ihn zu dieſer Operation hätte reizen können, ausgenommen Leſen und Schreiben; denn, ſagt er, er glaubte doch nicht mehr Vergnügen vom Spaßierengehen im Garten haben zu können, welches er bey ſeiner Blindheit ohne Anſtoß verrichten konnte. Ja die Blindheit hatte ihm auch den Vortheil verſchaft, daß er nachher im Finſtern viel beſſer allenthalben herumgehen konnte, als irgend einer, der ſein Geſicht beſtändig gehabt hatte. Er behielt dieſen Vortheil noch einige Zeit, und verlangte nicht leicht ein Licht, um im Hauſe bey Nacht herum zu gehen. Jede neue Sache, ſagte er, wäre eine neue Ergötzung für ihn, und ſein Vergnügen wäre ſo groß, daß er es nicht auszudrucken vermöchte. Seine Dankbarkeit gegen ſeinen Arzt war außerordentlich. Ein Jahr nachdem er ſeine Augen erhalten hatte, brachte man ihn auf die Dünen zu Epſom, wo er eine weite Ausſicht hatte; dieſe ergötzte ihn ſehr, und war ihm, wie er ſagte, eine neue Art vom Sehen. Als ihm der Staar an dem andern Auge geſtochen ward, kamen ihm, wie er ſagte, die Sachen mit dieſem Auge größer vor, doch nicht ſo groß, als ſie ihm Anfangs mit dem erſten erſchienen. Wenn er einerley Sache mit beyden Augen anſahe, ſo kam ſie ihm etwa noch einmal ſo groß vor,

als

als mit dem zuerſt erhaltenen allein; aber doppelt ſahe er nichts, ſo viel man entdecken konnte.

Cheſelden hat noch verſchiedene andere zu ihrem Geſichte verholfen, die ſich nicht erinnerten, je geſehen zu haben. Sie gaben alle von der Art, wie ſie ſehen lernten, denſelben Bericht, wie jener junge Menſch, nur nicht ſo umſtändlich; und hatten alle das gemein, daß ſie ihre Augen nicht zu bewegen wußten, weil ſie nie Gelegenheit dazu gehabt hatten. Endlich lernten ſie es, doch langſam.

Eine merkwürdige Erſcheinung, welche Einige von der Beugung des Lichts abgeleitet haben, Melville [e]) aber auf eine ganz andere Art erklärt, iſt folgende: Man halte einen undurchſichtigen Körper drey oder vier Zoll vom Auge, ſo daß man einen Theil eines entferntern hellen Gegenſtandes, z. B. eines Fenſters, einer Lichtflamme, durch Strahlen ſieht, welche nahe bey dem Rande jenes Körpers vorbeygehen, und führe nun von der andern Seite, näher bey dem Auge, einen andern Körper auf jenen zu, ſo wird der Rand des erſten ſich ausdehnen und dem andern entgegen zu kommen ſcheinen; dabey wird ein Theil des hellen Körpers, den man vorher ſahe, dem Auge entzogen werden.

Melville's Erklärung iſt dieſe: Es ſey ab (fig. 74.) der helle Gegenſtand, auf welchen man die Augen gerichtet hat, cd der entferntere undurchſichtige, gh der nähere Körper, und ef die Weite der Oeffnung des Auges. Man ziehe ed, fd, eg, fg, und verlängere ſie an ab in k, n, m und l. Die Theile an, mb des hellen Gegenſtandes können alſo nicht geſe-

e) Edinb. eſſays. Vol. II. p. 55.

geſehen werden. Aber ein Punkt α zwiſchen n und k wird geſehen, da er, wenn man αdδ zieht, den Theil δf der Augenöffnung mit Licht erfüllt. Am hellſten erſcheinen die Punkte von k bis l, weil die Strahlenkegel von ihnen wie ekf, elf das ganze Auge einnehmen. Auf der Seite von l nach m nimmt die Helligkeit eines jeden Punkts eben ſo allmählig ab, wie von k nach n; d. h. die Räume kn, lm werden als trübe, ſchattige Säume zunächſt an den Rändern der undurchſichtigen Körper cd, gh erſcheinen.

Wird nun der Rand g bis an die Linie kf gebracht, ſo fallen die beyden Halbſchatten in eins, und ſobald er die Linie df berührt, fängt ſich die vorher beſchriebene Erſcheinung zu zeigen an, weil er nicht darüber hingehen kann, ohne eine Linie, wie αdδ, von einem Punkte zwiſchen n und k zu treffen, und daher dieſen Punkt zu verdecken. Auf ſolche Art wird bey weiterm Fortrucken ein Punkt nach dem andern, wie β u.ſ. von n nach k zu allmählig verdeckt werden, und daher wird der Rand des unbewegten Körpers cd ſich nach außen hin auszudehnen und den ganzen Raum nk zu verdecken ſcheinen, während daß gh durch ſein Fortrucken den Raum mk verdeckt. Wird gh etwas weiter vom Auge gehalten, ohne den Ort von cd zu ändern, ſo iſt der Raum op, durch den gh gehen muß, um nk zu verdecken, kleiner als vorher, und daher muß, bey einerley Bewegung von gh, die ſcheinbare Ausdehnung von cd geſchwinder erfolgen, welches auch mit der Erfahrung übereinſtimmt.

Iſt ml ein leuchtender Körper, und refq eine davon erleuchtete Fläche, ſo wird der Raum fq ganz im Schatten liegen, und der Raum fe wird von einem Halbſchatten eingenommen ſeyn, der von e nach f

hin-

hin allmählig dunkler wird. Man laſſe nun gb unbewegt ſeyn, aber cd ſich parallel mit der Ebene ef bewegen; ſo muß, ſobald cd über die Linie lf gekommen iſt, der Schatten qf ſich auszudehnen ſcheinen, und wenn cd die Linie me erreicht hat, daß durch deſſen Schatten der Raum re bedeckt wird, ſo wird der Schatten qf ſich ſo weit ausgedehnt haben, daß er fe bedeckt. Alles dieß wird von der Erfahrung beſtätigt.

Wenn man ein Geldſtück, Petſchaft, Siegel u. d. gl. durch Gläſer betrachtet, ſo glaubt man ſehr oft, das erhabene Gepräge vertieft, oder die vertieften Figuren des Petſchafts erhaben zu ſehen. Joblot[f]) führt dieß ſchon an, und bemerkt, daß bey fortgeſetzter Beobachtung die Erſcheinungen des Erhabenen und Vertieften immer abwechſeln. P. F. Gmelin[g]) hat hievon ebenfalls Nachricht ertheilt. Nach vielen Verſuchen fand er folgende Ereigniſſe als unveränderlich. So oft er irgend eine Sache, die ſich über einer Fläche erhob, von welcher Farbe ſie auch ſeyn mochte, nur nicht weiß und glänzend, durch das Seherohr ſo betrachtete, daß ſein Auge nebſt der Axe des Rohres gerade darauf gerichtet waren, ſo erſchienen die erhabenen Theile vertieft, und die vertieften erhaben. So verhielt es ſich, wenn er ein Siegel betrachtete und dabey das Rohr ſenkrecht hielt, auch das Siegel ſo ſtellte, daß es mit ſeiner Fläche das letzte Glas des Fernrohrs faſt ganz einnahm; ſo verhielt es ſich auch mit dem zuſammengeſetzten Mikroſkope. So oft er aber andere ſenkrecht herabhängende Gegenſtände ſo betrachtete, daß das Seherohr horizontal, und ſenkrecht

f) Deſcription des pluſieurs nouveaux microſcopes. 1712.
g) Philoſ. Tranſact. 1747.

recht darauf gerichtet war, ſo ereignete ſich dieſes nicht immer; und die Geſtalt der Sache änderte ſich nicht, wenn ſie ſchief, ja ſelbſt horizontal gehalten ward. Endlich entdeckte er ein Mittel, die Sachen immer mit der natürlichen Lage ihrer Theile erſcheinen zu machen, dieſes nämlich, daß er ſeinen Blick nicht gleich auf den Mittelpunkt der Vertiefung, ſondern zuerſt auf ihren Rand richtete, und darauf nach und nach das Ganze überſah. Den Grund dieſer Erſcheinungen wußte er nicht anzugeben. Er liegt darin, daß man das einfallende Licht von der unrechten Seite her annimmt. Denn unſer Urtheil vom Erhabenen und Vertieften richtet ſich nach der Wahrnehmung des Lichts und Schattens; der Schatten auf der Lichtſeite deutet Vertiefung, der auf der Schattenſeite Erhöhung an. Soll alſo der Verſuch gelingen, ſo muß man nicht zugleich ſehen, wo das Licht wirklich herkommt, d. h. man muß den Gegenſtand nicht mit freyem Auge, ſondern durch ein Mikroſkop, oder durch die Röhre mit drey Okularen aus einem Erdrohre u. d. gl. betrachten. Man hat es nicht ganz in ſeiner Gewalt, das Licht auf der Seite, wo man es haben will, anzunehmen; wenn man aber den Blick erſt auf den Rand richtet, und nur allmählig nach der Mitte führt, ſo kann man allezeit bewirken, daß der Gegenſtand wirklich ſo, wie er iſt, erſcheint; vielleicht darum, weil alsdenn das Daſeyn oder der Mangel der Schlagſchatten deutlicher bemerkt, und aus jenem auf Erhabenheit, aus dieſem auf Vertiefung richtig geſchloſſen wird.

Einen andern Geſichtsbetrug führt der P. Abat [h]) an. Wenn man nämlich eine zum Theil mit Waſſer gefüllte Flaſche vor einem Hohlſpiegel ſo hält, daß ſich von

h) Amuſemens philoſ. p. 242.

von ihr ein verkehrtes Bild zeigt, ſo ſcheint im Bilde der volle Theil leer, und der leere voll. Er erklärt dieß daraus, daß wir nicht gewohnt ſind, Waſſer in einem Gefäße oben, und Luft unten zu ſehen, daher unſer Urtheil ſo ausfällt, als ob das Waſſer unten wäre, wo ſich im Spiegel der leere Theil abbildet. Kehrt man die Flaſche um, und läßt das Waſſer auslaufen, ſo ſcheint ſich das Bild zu füllen, ſobald ſie aber leer iſt, ſieht man auch ihr Bild leer.

Einen beſondern Geſichtsbetrug, durch welchen Schwarz ſich in Scharlach zu verwandeln ſcheint, erklärt Beguelin [i]). Durch eine ſolche Wahrnehmung ſind einmahl einige in der Geſchichte berühmte Perſonen in eine große Beſtürzung gerathen. Heinrich IV, König von Frankreich, iſt es, dem ſie begegnet iſt, und der, nach des de Thou Bericht, ſie hernach in einer Anrede an das Parlament ſelbſt erzählt hat. Er hatte ſich mit dem Herzoge von Guiſe an den Tiſch geſetzt, um in Würfel zu ſpielen, als ſich darauf Blutstropfen zeigten, die, ungeachtet ſie ein paarmahl abgewiſcht wurden, doch wieder erſchienen, ohne daß man ausfindig machen konnte, woher ſie entſtanden wären. Voltaire, welcher dieſe Begebenheit nach dem P. Daniel erzählt, iſt mit der Erklärung bald fertig. Der P. Daniel, ſagt er, hätte wohl ſo viel Phyſik wiſſen können, daß ſchwarze Punkte roth ausſehen, wenn ſie mit den Sonnenſtrahlen einen gewiſſen Winkel machen; davon könne ſich ein jeder beym Leſen überzeugen, und ſo gehe es mit allen Wunderzeichen.

Allein Beguelin hat es auf alle mögliche Art verſucht, und es nicht ſo, wie Voltaire angiebt, finden

i) Nouv. Mémoir. de Berlin. an. 1771. p. 8.

finden können. Zufälliger Weiſe aber fand er einmahl, daß ſich die ſchwarzen Buchſtaben in hellrothe verwandelten, und da hatte er die Sonne, welche niedrig ſtand, im Geſichte, und die Schrift war im Schatten. Er erklärt dieſe Erſcheinung ſo. Die Sonnenſtrahlen, welche durch die faſt geſchloſſenen Augenlieder fallen, erwecken auf der Netzhaut die Empfindung der rothen Farbe; der weiße Raum des Papiers erſcheint inzwiſchen weiß, weil der Eindruck ſtark genug iſt, um die Empfindung der rothen Farbe zu verdrängen; dahingegen die ſchwarzen Buchſtaben, welche ſehr wenig oder gar kein Licht in's Auge ſenden, den Stellen der Netzhaut, wohin ihre Bilder fallen ſollten, die Empfindung der rothen Farbe laſſen. Auf eine ſolche Art mag auch wohl die erſt angeführte Erſcheinung entſtanden ſeyn, wiewohl man, aus Mangel umſtändlicher Nachrichten, eine ganz befriedigende Erklärung zu geben nicht im Stande iſt.

Die Erklärung, welche Hobbes über die ſcheinbaren Geſtalten des Mondes in verſchiedenen Höhen gab, und die ſo lange von den angeſehenſten Phyſikern als wahr angenommen war, wurde von einigen Phyſikern beſtritten. Man glaubte durchgehends, daß es nothwendig ſey, die Gegenſtände, welche den Raum zwiſchen dem Horizonte und dem Auge eintheilen, wirklich durch's Geſicht zu empfinden, wenn man ſich ihn ſo ſehr weit ausgedehnt vorſtellen ſollte, und dieſes Mißverſtändniß erzeugte verſchiedene Einwürfe. So glaubt der Pater Gouye die alte Meynung damit umzuſtoßen [k]), weil der Mond längſt der Oberfläche der See hin eben ſo groß am Horizonte erſcheint, da doch hier keine Gegenſtände ſind, welche die Vorſtel-

k) Mémoir. de Paris. 1700.

ſtellung der größern Entfernung erregen könnten. Auch Molineux [1]) ſagt, wenn die gewöhnliche Erklärung richtig wäre, ſo könnte man ja zu jeder Zeit, auch wenn der Mond im Meridian wäre, ſeine ſcheinbare Größe vermehren: man dürfte ihn nur, um den Raum zwiſchen ihm und dem Auge einzutheilen, über einer Reihe von Schornſteinen, dem Rücken eines Hügels, oder dem Forſte eines Hauſes betrachten. Er bringt auch den eben angeführten Einwurf des P. Gouye vor, und fügt dieſem noch bey, daß ſelbſt alsdenn, wenn alle zwiſchenliegende Gegenſtände dem Geſichte entzogen werden, z. B. wenn man durch eine Röhre den Mond anſieht, der Betrug der Einbildung nicht gehoben wird, weil man ſich demungeachtet den Mond ſo groß wie vorher vorſtellt. Darauf ſucht er des Hobbes und Gaſſendi Erklärungen zu widerlegen, giebt aber ſelbſt dafür keine andere an.

Dagegen zeigt Deſaguliers, wie ſich die Frage von der Geſtalt des Mondes im Horizonte ſehr wohl beantworten laſſe, wenn man annimmt, der Himmel komme uns wie ein kleines Stück einer Kugelfläche vor, weswegen wir den Mond im Horizonte weiter von uns entfernt halten, als wenn er dem Scheitelpunkte nahe iſt; er macht auch durch einige ſinnreiche Verſuche begreiflich, wie leicht wir uns in ſolchen Fällen täuſchen. Er ſetzte z. B. in Gegenwart einiger Perſonen zwey gleich große Lichter beträchtlich weit von einander, welche, da die Entfernung deutlich in die Augen fiel, ihnen allen gleich groß ausſahen. Während daß er die Zuſchauer mit etwas anderm beſchäftigte, ließ er das entferntere Licht wegnehmen, und ſetzte

1) Philoſ. Tranſ. n. 187.

ſetzte dagegen auf eben der Linie, auf welcher ſie es geſehen hatten, ein anderes viel kleineres, aber den Zuſchauern näher. Dieſe, welche zwar wußten, daß man ein anderes Licht genommen hatte, aber glaubten, daß es auf derſelben Stelle ſtände, wo das erſte geſtanden hatte, thaten immer den Ausſpruch, daß es ſo groß wäre, als das andere. Mit demſelben Erfolge machte er dieſen Verſuch, wenn er elfenbeinerne Kugeln ſtatt der Lichter nahm.

Berkeley[m]) glaubt, der Mond ſehe im Horizonte größer und entfernter aus, weil er wegen der Dünſte matter leuchte. Auch Euler[n]) nimmt dieſe Meynung an, und erklärt daraus zugleich die platt gedruckte Geſtalt des Himmels. Dieſe Erklärung des Berkeley hat aber Smith[o]) widerlegt, und ſeine Gedanken über dieſe Sache etwas ausführlich mitgetheilt. Wäre die Oberfläche der Erde, ſagt er, eine vollkommene Ebene, ſo würde der ſichtbare Theil derſelben ſich nicht viel weiter, als etwa 5000mal die Höhe des Auges über dem Erdboden erſtrecken, das iſt etwa auf 5 engliſche Meilen weit, wenn man die Höhe des Auges zwiſchen 5 und 6 Fuß ſetzt, und alles, was darüber hinaus läge, würde in dem ſichtbaren Horizonte zu liegen ſcheinen. Wenn man ſich alſo jenſeits der Gränze der ſichtbaren Entfernung eine große Mauer aufgeführt vorſtellt, ſo wird dieſe nicht gerade, ſondern kreisrund erſcheinen, als wenn ſie auf dem Umfange des Horizonts ſtände, und wird, wenn ſie ohne Ende fortgeht, vollkommen die Geſtalt eines

m) Eſſay towards a new theory of viſion. Dublin. 1709. 8. ſect. 68.

n) Briefe an eine deutſche Prinzeſſin. Th. III. S. 317 f.

o) Lehrbegriff der Optik. S. 418.

eines Halbkreiſes bekommen. Wenn nun dieſe Kreis⸗fläche mit der Mauer darauf in Gedanken in die Höhe gerichtet wird, daß ſie ſenkrecht auf die Horizontalebene zu ſtehen kömmt, ſo wird die Mauer wie die Wöl⸗bung der Wolken über unſerm Haupte ausſehen. Wie⸗wohl nun die Mauer, wenn ſie auf dem Horizonte ſteht, einem Halbkreiſe gleicht, ſo wird ſie dennoch als Gewölbe über unſerm Kopfe nicht ſo, ſondern fla⸗cher erſcheinen, weil die horizontale Ebene eine ſicht⸗bare Fläche war, welche die Vorſtellung von einerley Entfernung rings herum erregte; da hingegen in der ſenkrechten Ebene zwiſchen dem Auge und dem Gewöl⸗be nichts vorhanden iſt, was die Vorſtellung von ge⸗wiſſen Theilen erwecken könnte. Darum werden die ſcheinbaren Entfernungen der Theile des Gewölbes in die Höhe hinauf allmählich abnehmen. Iſt nun der Himmel ganz mit Wolken von gleicher Schwere be⸗deckt, ſo werden ſie alle in der Luft in gleichen Höhen über der Erde ſchweben, und alſo eine Fläche wie ein großes Gewölbe bilden, die ſo flach iſt, wie die ſicht⸗bare Erdfläche. Ihre Höhlung iſt alſo nicht wirklich, ſondern nur ſcheinbar; und wenn die Höhen der Wol⸗ken ungleich ſind, ſo kann das Auge, da man von ih⸗rer wahren Geſtalt und Größe nichts weiß, ſelten die ungleichen Entfernungen der Wolken bemerken, die nach derſelben Gegend hin erſcheinen, ſie müßten uns denn ſehr nahe ſeyn, und von entgegengeſetzten Winden getrieben werden. In beyden Fällen bleibt alſo die Geſtalt der ſcheinbaren Fläche des Himmels dieſelbe. Iſt der Himmel nur zum Theil mit Wolken bedeckt, oder ganz frey davon, ſo lehrt die Erfahrung, daß wir von der Höhlung deſſelben noch eben den Begriff haben, als da er völlig bezogen war. Hält jemand die Zurückwerfung des Lichts von der bloßen Luft dazu

für hinreichend, ſo will er ihm dieß nicht ſtreitig machen.

Die Höhlung des Himmels ſcheint dem Auge, das allein die ſcheinbare Geſtalt beurtheilt, ein kleineres Stück einer Kugelfläche, als eine Halbkugel, oder welches daſſelbe iſt: der Mittelpunkt dieſer Wölbung liegt weit unter dem Auge, ſo daß, wie er durch ein Mittel aus mehreren Beobachtungen fand, die ſcheinbare Entfernung der Theile nahe am Horizonte ohngefähr drey bis viermal größer iſt, als die Entfernung der Theile, die ſich über dem Scheitel befinden. Das Mittel, wie er dieſes herausbrachte, war, daß er die wahre Höhe einiger Himmelskörper maaß, wenn ſie ihm in der Mitte zwiſchen dem Horizonte und dem Scheitelpunkte zu ſtehen ſchienen. Alsdenn war ihre Höhe nur 23 Grad. War die Sonne 30 Grad hoch, ſo ſchien der obere Bogen immer kleiner, als der untere, und größer, wenn die Sonne 18 bis 20 Grad hoch ſtand.

Hieraus zieht Smith eine Erklärung der Erſcheinung des Mondes am Horizonte und anderer ähnlicher Ereigniſſe am Himmel. Denn es ſtelle der Bogen (fig. 75.) abc die Hälfte der ſcheinbaren Höhlung des Himmels vor, und der Mond befinde ſich auf dem in o beſchriebenen Viertelskreiſe in einer der abgezeichneten Stellen, immer von derſelben Größe. Die ungleichen Monde auf der Höhlung abc werden von den Sehelinien begrenzt, die von dem Umfange des wahren Mondes in dieſen Höhen in das Auge bey o kommen. Die Durchmeſſer dieſer ungleichen Monde bey a und b verhalten ſich alſo wie die ſcheinbaren Entfernungen oa, ob, und müſſen uns vorkommen, als hätten ſie wirklich das Verhältniß der Stücke, wel-

welche ſie auf der ſcheinbaren Höhlung des Himmels einnehmen, weil wir alle Gegenſtände am Himmel an keine andere Stelle, als an dieſe Höhlung ſetzen. Es dünkt dem Auge vollkommen ſo, als wenn verſchiedene Monde auf einer wirklichen Fläche abc in den angegebenen Verhältniſſen gemalt wären, in welchem Falle es ſicherlich die wirklichen Größen der größer gemalten Monde an den niedrigern Theilen der Fläche für größer halten würde, obgleich die ſichtbaren Größen aller einerley ſeyn würden, weil ihre Bilder auf der Netzhaut gleich ſind. Die Verhältniſſe der ſcheinbaren Entfernungen oder Durchmeſſer in verſchiedenen Höhen hat Smith in folgender Tafel angegeben. Sie iſt aus der Vorausſetzung berechnet, daß die beyden Theile der Höhlung ab, bc gleich ſcheinen, wenn der Winkel aob 23 Grad groß iſt.

Höhen der Sonne oder des Mondes in Graden			Scheinbare Durchmeſſer oder Entfernungen
00	-	-	100
15	-	-	68
30	-	-	50
45	-	-	40
60	-	-	34
75	-	-	31
90	-	-	30

Aus eben dem Grunde, führt Smith an, müſſen alle andere Gegenſtände und Entfernungen der Sterne am Himmel, ſo gut wie die Sonne und der Mond, in der Nähe des Horizonts größer ſcheinen, als ſie es thun, wenn ſie höher ſtehen, wie es auch aus der Erfahrung ganz wohl bekannt ſey. Daraus leitet er noch eine andere Probe her, ſich von der Richtigkeit ſeiner Angabe, wie die ſcheinbaren Größen des Mon-

des ſich verhalten, zu verſichern. Man ſoll zwey nahe Sterne ausſuchen, in einer ſo großen Höhe als möglich, die ſo weit von einander entfernt ſcheinen, als jene beyde; darauf ſoll man ihre wahre Entfernung von einander, entweder auf der Sternkugel, auf der Karte, oder durch Rechnung ſuchen, ſo werde man finden, daß die Sterne nahe am Horizonte einander viel näher ſind, als man ſie durch Vergleichung mit den höher ſtehenden geſchätzt hatte.

Auch bemerkt er noch, daß wegen dieſer ſcheinbaren Geſtalt der Wölbung des Himmels die farbigen Streifen beyder Regenbogen und ihre Entfernungen von einander unten größer als oben ausſehen. Nach der Schätzung der Breite des innern Regenbogens in zwey verſchiedenen Höhen, die ihm von einem Freunde mitgetheilt wurden, fand er die ſcheinbare Geſtalt des Himmels faſt eben ſo, wie nach den obigen Methoden. Hieraus erklärte er auch, daß ein Hof um die Sonne oder den Mond nicht kreisrund und concentriſch mit dieſen Körpern, ſondern länglicht und eccentriſch ausſieht, ſo daß der längſte Durchmeſſer auf dem Horizonte ſenkrecht ſteht und ſich von dem Monde weiter niederwärts erſtreckt, wie Newton einen ſolchen beſchreibt.

Dieſe Theorie wird ferner durch die Erſcheinungen der Kometenſchweife beſtätigt, welche allemal, was auch ihre wahre Figur, Größe und Lage ſeyn mag, wie ein Bogen an dem ſcheinbaren Himmelsgewölbe ausſehen. Zu mehrerer Beſtätigung führt er noch des Cotes Erklärung eines von ihm geſehenen Meteors an.

Zu dieſer Erklärung der Geſtalt des Mondes im Horizonte iſt noch folgende ähnliche Erſcheinung hinzuzu-

zuzuſetzen, da die ſcheinbare Größe mit der ſcheinba-
ren Entfernung ſich verändert, und doch der Sehe-
winkel immer derſelbe bleibt. Man klebe eine Oblate
auf ein Kartenblatt, das auf einem Bretchen befeſtigt
iſt, oder nehme dafür einen andern runden deutlichen
Flecken, deſſen Durchmeſſer wenigſtens drey bis vier-
mal kleiner iſt, als der Durchmeſſer des Converglaſes,
wodurch man es betrachten will. Dieſes Glas werde
von dem Gegenſtande genau um ſeine Brennweite ent-
fernt. Man gehe ſo weit zurück, bis die Oblate,
die man genau dahinter ſieht, die Oeffnung des Gla-
ſes völlig oder faſt auszufüllen ſcheint. Nun ſtelle
man ſich unter dieſer ſcheinbaren Größe und Entfer-
nung der Oblate die ſcheinbare Größe und Entfernung
des Mondes im Horizonte vor; und man wird finden,
daß die ſcheinbare Größe der Oblate, ſo wie man ſich
allmählich dem Glaſe wieder nähert, im gleichen Ver-
hältniſſe mit ihrer ſcheinbaren Entfernung abnimmt.
Dieſe beyden Erſcheinungen kommen, ſagt er, in
dem Umſtande überein, der einzig und allein die ganze
Schwierigkeit bey der Erklärung der Geſtalt des Mon-
des ausmacht, nämlich, daß die Sehewinkel, unter
welchen die Oblate und der Mond geſehen werden,
unverändert bleiben. Er konnte auch nicht finden,
daß beyde Erſcheinungen in irgend einem Umſtande
nicht übereinkämen, weil die durch das Linſenglas
kommenden Strahlen das Auge nicht anders rühren,
als wenn ſie gerade durch ein ebenes Glas von einer
gleich dahinter befindlichen zunehmenden oder abneh-
menden Oblate gekommen wären.

Gegen die Smith'ſche Erklärung ließe ſich ein-
wenden, daß der Mond von der Spitze eines Berges
betrachtet größer ausſehen müßte, als auf der Ebene,

weil man von oben mehr überſieht, welches, wie Smith ſelbſt glaubt, der Erfahrung zuwider ſeyn möchte. Aber, ſagt er, ein jeder Anblick des Mondes und des Horizonts zuſammen kann nicht ſowohl für ſich allein die Vorſtellung einer gewiſſen beſtimmten Größe ihrer Scheibe von neuem hervorbringen; ſondern erweckt in uns vielmehr eine alte eingewurzelte Vorſtellung, die aus einer vielfältigen Betrachtung mancherley Monde und horizontaler Ausſichten entſtanden iſt. Unſer Begriff von der Größe des Mondes im Horizonte iſt alſo ein Mittel aus allen unſern Beobachtungen genommen, und ſitzt in unſerer Seele ſo feſt, daß er durch eine einzelne Beobachtung nicht verändert, ſondern beſtätigt wird. Eben dieß läßt ſich von unſerer Vorſtellung des Mondes in jeder beſondern Höhe ſagen. Dieſe alten Begriffe bleiben uns gegenwärtig, wenn wir auch den Horizont, und ſelbſt den Himmel herum nicht ſehen, z. B. wenn man den Mond durch ein Rohr betrachtet. Wenn es ſich unter vielen Fällen einmal, wiewohl ſelten, zuträgt, daß das Bild des horizontalen Bodens durch gewiſſe Urſachen merklich verändert wird, ſo wird eine ſo ſtark wirkende Urſache unſern alten Begriff von der gewöhnlichen Größe des Mondes verändern, wie man ſich begreiflich machen kann, wenn man den Mond durch ein Brillenglas betrachtet, das man etwas vom Auge bewegt.

Folkes, welchem Smith ſeine Beſtimmung der ſcheinbaren Geſtalt des Himmels mittheilte, erinnerte dabey, daß ihm der Himmel oft wie eine Muſchellinie ausgeſehen hätte, worin Smith ihm auch Beyfall gab, wiewohl er glaubt, daß das Verhältniß der ſcheinbaren Entfernungen nach dem Scheitelpunkte und dem Horizonte hin, und die Art, ſie zu beſtimmen, dadurch nicht merklich verändert werden.

Daß

Daß der Mond dennoch zu verſchiedenen Zeiten in eben dem Horizonte von ſehr verſchiedener Größe und bisweilen außerordentlich groß ausſieht, geſteht Smith ein, leitet es aber von einer ſtarken Vergrößerung des Bildes auf der Netzhaut her, welches in der obigen Theorie als unveränderlich angenommen ward. Am beſten ließe ſich dieß, wie er glaubt, ausmachen, wenn man den Durchmeſſer des Mondes mittelſt eines Mikrometers beobachtete, oder in deſſen Ermangelung nur die Zeit mit dem Stande der Wettergläſer bemerkte. Denn ſollte ſich alsdenn zeigen, daß der Mond im Horizonte am größten ſcheint, wenn er in der Erdnähe iſt, in den wärmſten Sommerabenden bey niedrigem Barometerſtand, ſo möchte man, da dieſe Urſachen nicht mit einander zuſammenhingen, und jede das ihrige beyträgt, das Bild zu vergrößern, mit Grunde daraus ſchließen, daß das große Ausſehen des Mondes hauptſächlich der zuſammenſtimmenden Würkung dieſer drey Urſachen zuzuſchreiben iſt.

Gegen dieſe Erklärung wendet Klügel [p]) ein, es erſcheine aber doch der Mond in andern Phaſen, ſo viel er wiſſe, am Horizonte nicht vergrößert, wie er es nach Smith thun müßte. Zweytens werde zwar von allen angenommen, daß der Mond am Horizonte entfernter ſcheine, als in der Höhe; verſchiedene aber, die er um ihre Empfindung befrage, verſicherten das Gegentheil, und er möchte ihnen wohl ſelbſt beytreten. Denn wenn gleich der Wolken- oder blaue Lufthimmel wie ein gedrucktes Kugelgewölbe erſcheine, ſo folge doch nicht, daß wir die ſcheinbaren Größen der Mondsſcheibe am Horizonte und im Meridiane nach

p) Prieſtley's Geſchichte der Optik, der Ueberſetz. S. 510. f.

nach dem Verhältniſſe der ſcheinbaren Größe der Stellen, welche ſie an dem Himmelsgewölbe einnehmen, ſchätzen, weil wir zwey Monde an dieſen Stellen nicht zugleich ſehen, und weil es noch nicht ausgemacht ſey, daß wir den Mond gerade an das ſcheinbare Luftgewölbe ſetzten.

Wenn nicht der zuerſt angeführte Grund im Wege ſtände, ſo wäre er geneigter, der vom Herrn von Haller q) gegebenen Erklärung beyzutreten, die ſich darauf gründet, daß überhaupt Körper in der Höhe kleiner ſcheinen, als auf der Ebene. Denn er glaube wohl, daß ein Kirchthurmsknopf auf die Erde herunter gebracht größer erſcheinen möchte, als er in der Höhe ſchien. Man habe nämlich auf der Ebene oft Gelegenheit, denſelben Körper ſowohl nahe, als in der Ferne zu betrachten, und daher präge ſich der Seele ein gewiſſes ſinnliches Bild von ſeiner Größe ein, wie ſie es in einer bequemen Entfernung gefaßt habe, ſo daß wir deßwegen überhaupt die Körper auf der Ebene für viel größer zu halten gewohnt ſeyn möchten, als ſie uns in der Höhe in eben der Entfernung vorkommen würden. Mit der größern ſcheinbaren Größe verbänden wir zugleich den Begriff der kleinern Entfernung.

Man müßte noch den Verſuch machen, ſagt er, eine brennende Fackel ſowohl in der Dämmerung als bey dunkeler Nacht zu betrachten, um zu ſehen, wie ihre ſcheinbare Größe und Entfernung ſich in beyden Fällen verhielten. Wiewohl, wenn es an der Dämmerung läge, der Mond in jeder Phaſe zur Zeit der Dämmerung größer erſcheinen müßte.

Die verſchiedenen Meynungen der Naturkündiger über das Schielen hat Jurin r) zu widerlegen geſucht,

q) Phyſiologia. Tom. V. p. 521.

r) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 395.

geſucht, und es auf folgende Art erklärt. Wenn wir gerade vor uns nach einer entlegenen Sache ſehen, ſo liegt jeder Augapfel in der Mitte der Oeffnung, welche die Augenlieder machen. Sehen wir nach nahen Sachen, ſo iſt die Entfernung beyder Augapfel etwas kleiner; ſie bleibt aber doch unverändert, ſowohl, wenn wir die Augen ſchief drehen, als auch wenn wir gerade vor uns hinſehen, und dadurch bleiben die beyden Augenaxen auf denſelben Punkt gerichtet, man mag nach einer nahen oder entfernten Sache ſehen. Bey Schielenden aber bleibt der Augapfel des unverdreheten Auges in der Mitte der Oeffnung, wie wenn man gerade vor ſich ſieht, aber der Augapfel des andern wird gewöhnlich nach der Naſe hin gezogen; und in dieſer kleinern Entfernung bleiben beyde bey allen ſchiefen Richtungen des Auges, ſo daß die beyden Axen niemals auf denſelben Punkt gerichtet ſind, wiewohl die Muskeln in ſo fern gleichförmig wirken, daß ſie beyde Augen zu gleicher Zeit nach einerley Gegend bewegen.

Dieſen Geſichtsfehler kann ſich ein Kind leicht angewöhnen, wenn man es oft in der Wiege ſo legt, daß es das Licht oder eine andere glänzende Sache nur mit Einem Auge ſehen kann. Iſt es auf dieſe Art zum Schielen verleitet, und durch Gewohnheit darin verſtärkt, ſo fürchtet Jurin, es werde vergeblich ſeyn, den Fehler durch Röhren oder Schalen mit Löchern, die das Kind vor den Augen tragen muß, abhelfen zu wollen, wie man ſonſt verſucht hat.

Für die wahre Art, das Schielen zu heben, hält er folgende. Wenn das Kind ſo alt iſt, daß es ſeinen Augen eine gewiſſe Richtung zu geben verſteht, ſo ſtelle man das Kind gerade vor ſich, laſſe es das unverdre-

hete Auge zuhalten, und ſich mit dem andern von ihm anſehen. Findet man die Axe des Auges gerade auf ſich gerichtet, ſo ſage man ihm, es ſolle ſich beſtreben, das Auge in dieſer Lage zu erhalten, und laſſe es das andere öffnen. Alsdenn wird man das unverdrehete zwar auf ſich gerichtet finden, das fehlerhafte aber wird ſich nach der Naſe hin drehen. Doch durch Gedult und wiederholte Verſuche wird das Kind es allmählich dahin bringen, auch das fehlerhafte Auge in unverwandter Richtung, wenigſtens eine kurze Zeit, zu erhalten, nachdem das andere Auge geöffnet iſt. Hat man es ſo weit gebracht, daß es beyde Augenaxen auf einen richten kann, wenn man gerade vor ihm ſteht, ſo verändere man ſeine Stellung, und laſſe es erſt ein wenig auf die eine Seite, dann auf die andere treten, und eben das wiederholen. Kann es in allen dieſen Stellungen beyde Augenaxen vollkommen und leicht auf einen richten, ſo iſt der Fehler gehoben. Ein erwachſener Menſch kann alles dieß für ſich allein vermittelſt eines Spiegels bewerkſtelligen, doch nicht ſo leicht, als wenn er Jemanden zu Hülfe nimmt; aber je älter er iſt, deſto mehr Gedult wird er nöthig haben. Jurin verſuchte einmahl einen Menſchen von neun Jahren auf dieſe Art vom Schielen zu befreyen, hatte auch Hoffnung eines guten Erfolgs, als dieſer die Blattern bekam, und daran ſtarb.

Von Buffon [s]), welcher die Urſach des Schielens noch genauer zu entdecken ſuchte, fand durch ſehr viele darüber angeſtellte Wahrnehmungen, daß ſie in der Ungleichheit der Güte beyder Augen, oder der Grenzen des deutlichen Sehens für beyde liegt.

Wenn

s) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1743. p. 329.

Wenn ein Auge, ſagt er, viel ſchwächer als das andere iſt, ſo richtet man es nicht nach dem Gegenſtande, ſondern braucht bloß das ſtärkere Auge, ſo wie man ſich gewöhnlich des rechten Armes lieber als des linken bedient. Sind beyde Augen gleich gut, ſo ſieht man mit beyden deutlicher als mit einem allein, und zwar etwa um ein Dreyzehntheil. Wenn aber z. B. die Entfernung, in welcher jemand eine kleine Schrift leſen kann, für das ſchärfere Auge von 8 bis zu 20 Zoll, und für das ſchwächere von 8 bis zu 15 Zoll geht, ſo liegen die Grenzen des deutlichen Sehens für beyde Augen nur um 7 Zoll aus einander, nämlich von 8 bis zu 15 Zoll, und weil das Bild in dem ſchärfern Auge ſtärker als in dem ſtumpfern Auge iſt, ſo wird ein ſolcher mit beyden Augen nicht ſo deutlich als mit dem guten Auge allein ſehen. Es iſt daher kein Wunder, wenn ſolche Perſonen das gute vorzüglich brauchen, und das andere zur Seite kehren.

Indeſſen behauptet von Buffon keinesweges, daß die Ungleichheit der Güte beyder Augen die einzige Urſache des Schielens ſey. Sie iſt, ſagt er, nur die Haupturſache, ſo daß man die andern als zufällige in Vergleichung mit ihr anſehen kann, aber doch ſo gemein, daß bey allen Schielenden, an welchen er Beobachtungen gemacht hatte, der Fehler von der Ungleichheit ihrer Augen herrührte. Die Folgen dieſer Urſache ſind ſo nothwendig, fährt er fort, daß es vielleicht nicht möglich iſt, das Schielen zu heben, wenn die Ungleichheit der Augen zu groß iſt, man müßte ſie denn vermittelſt dazu eingerichteter Gläſer einander gleicher machen.

Als von Buffon an verſchiedenen Kindern, welche nicht ſchieleten, die Grenzen des deutlichen Sehens

hens unterſuchte, ſo fand er, daß ſie bey weitem nicht ſo nahe oder ſo weit wie erwachſene Perſonen ſehen konnten, daß alſo mit zunehmenden Jahren die Grenzen des deutlichen Sehens nach beyden Seiten hin erweitert werden; und dieſes iſt, ſagt er, eine Urſache, warum Kinder mehr als erwachſene Perſonen ſchielen. Wenn die Ungleichheit der Augen nur $\frac{3}{10}$ oder geringer ſeyn darf, um bey einer kleinen Entfernung der Grenzen des deutlichen Sehens das Schielen zu verurſachen, ſo muß ſie $\frac{3}{8}$ oder noch größer bey einer größern Entfernung der Grenzen ſeyn, um dieſen Fehler hervorzubringen, der deßwegen mit den Jahren abnehmen mag.

Sind die Augen eines Schielenden nicht zu viel unterſchieden, ſo würde, nach ſeiner Meynung, die einfachſte, natürlichſte und ſicherſte Art zu helfen, ſeyn, daß man das gute Auge einige Zeit bedeckt halten ließe. Dadurch würde das verdrehete Auge gezwungen, ſich anzuſtrengen, und ſich ſelbſt gerade nach den Gegenſtänden zu richten, ſo daß dieſe Richtung ihm allmählich ganz natürlich fallen würde. Einige Okuliſten ſollen ſich, wie er gehört hatte, dieſer Art mit gutem Erfolge bedient haben; doch räth er an, ehe man dazu ſchreitet, ſich wegen des Grades der Ungleichheit beyder Augen wohl zu verſichern, weil die Heilart unmöglich gelingen kann, wenn die Ungleichheit zu groß iſt. Dieſen Gedanken fand er auch zu ſeinem Vergnügen durch einen von Allen in deſſen ſynopſi univerſae medicinae angeführten Verſuch beſtätigt.

Die Urſache, daß Schielende gewöhnlich das fehlerhafte Auge nach der Naſe zu drehen, ſucht er darin, daß in dieſer Lage die Richtung der Axe deſſelben ſich ſo viel als möglich von der Richtung des guten

Auges

Auges entfernt, wozu kommt, daß alsdenn die Naſe viele Gegenſtände verdeckt, die ſonſt mit dem ſchlechten Auge würden geſehen werden, weßwegen dieſe Richtung mit den wenigſten Unbequemlichkeiten verknüpft iſt.

Manche Perſonen, fügt er hinzu, ſind nicht eigentlich Schielende, haben aber doch eine falſche Richtung an einem ihrer Augen, die inzwiſchen nicht ſo ſehr in die Augen fällt, um einen Uebelſtand zu machen. Ihre Augäpfel bewegen ſich zuſammen, aber die Augenaxen bleiben, ſtatt nach Maasgabe der Entfernungen der Sachen gehörig gegen einander geneigt zu ſeyn, immer etwas zu viel oder zu wenig gegen einander geneigt, oder auch wohl ſich immer parallel. Dieſer Fehler hat, ſeiner Meynung nach, oft ſeinen Grund in der ungleichen Stärke der Augen, und kann, wenn er von einer andern Urſache, als etwa von einer Angewohnheit aus der Wiege her, entſteht, leicht gehoben werden. Iſt das ſchielende Auge nach dem Schlaf gekehrt, ſo iſt, wie er fand, die Ungleichheit der Augen nicht ſo groß, als in dem Falle, wenn es ſich nach der Naſe hin hält, und der Fehler rührt mehr von einer ſchon in der Wiege entſtandenen Gewohnheit her; er kann alsdenn gehoben werden, wenn man das gute Auge etwa vierzehn Tage geſchloſſen hält.

Endlich macht Buffon am Ende ſeines Aufſatzes die Anmerkung, daß ein ſchwaches Auge durch Uebung ſtärker wird, und erzählt, daß verſchiedene Perſonen, deren Schielen er für unheilbar hielt, weil ihre Augen gar zu ſehr an Güte unterſchieden waren, dadurch, daß ſie das gute Auge nur einige Minuten lang bedeckt hielten, und ſich alſo zwangen, das ſchlechte die kurze Zeit über anzuſtrengen,

 die

dieſem eine ſolche Verbeſſerung verſchafft hätten, daß ſie ſelbſt darüber erſtaunt wären, und daß er den Fehler dieſes Auges, nachdem er die Weite, worauf es nach dieſer Uebung gerichtet wurde, unterſuchte, für heilbar erklärt hätte. Darum müſſe man, um von der Möglichkeit der Heilung deſto zuverläſſiger zu urtheilen, den Schielenden das gute Auge eine Zeitlang bedecken laſſen, um dem ſchlechten dadurch mehr Stärke zu verſchaffen.

D. Reid [t]) bemerkt, daß er mehr als zwanzig Schielende unterſucht, und bey allen einen Fehler in dem Geſichtsvermögen des einen Auges gefunden habe. Vier von ihnen waren noch mit dem ſchwachen Auge deutlich zu ſehen im Stande, wenn das andere geſchloſſen war; die übrigen ſahen mit dem einen Auge ganz und gar nicht deutlich. Seiner Meynung nach ſtimmen die Mittelpunkte der Augenaxen der Schielenden eben ſo gut mit einander überein, wie bey andern Perſonen, ſo daß, wenn ſie ſich nur angewöhnen könnten, ihre Augen gerade auf eine Sache zu richten, ſie nicht allein einen Uebelſtand, ſondern auch ihr Geſichtsvermögen verbeſſern würden.

Einige Erläuterungen über das Schielen findet man beym Hartley [u]). Die weißen flechſichten Ausbreitungen der vier gerade ziehenden Muskeln reichen bis an die Hornhaut, und ſind folglich beym offenen Auge der Wirkung des Lichts ſehr ausgeſetzt, weil ſie bloß von einer dünnen Haut bedeckt werden. Der herziehende und abziehende Muskel ſind beyde auf dieſe Art weit mehr bloß geſtellt, als der herausziehende

t) Inquiry into the human mind. p. 257.

u) Obſervations on Man. Vol. I. p. 215. ſqq.

hende und der herunterziehende, auf welche das Licht nicht fallen kann, wenn das Auge nur ein wenig geöffnet iſt.

Befindet ſich nun rechter Hand ein heller Gegenſtand, ſo daß das Licht insbeſondere auf die flechſichte Ausbreitung des abziehenden Muskels des rechten Auges und des herziehenden Muskels des linken fällt, ſo werden durch die Zuſammenziehung der Muskeln beyde Augen ſich nach derſelben Seite hin, dem Lichte zu, bewegen; und dieß ſo lange, bis der herziehende und abziehende Muskel in beyden Augen einer ſo viel Licht empfängt, als der andere, d. i. bis die Augenaxen nach dem hellen Gegenſtande hin gerichtet ſind.

Hiemit ſtimmt überein, daß an neugebohrnen Kindern die Augäpfel ſich nach derſelben Seite hin zu bewegen pflegen, und daß dieſes faſt immer nach der rechten oder linken Hand hin geſchieht, ſelten aufwärts oder herunterwärts, weil die Augen ſelten ſo weit offen ſind, daß die flechſichten Ausbreitungen des heraufziehenden und des herunterziehenden Muskels bloß lägen. Ihre Augen kehren ſich immer nach hellen Gegenſtänden, z. B. einem brennenden Lichte, einem Fenſter u. d. g. hin.

Weil die ſchiefziehenden Muskeln keine flechſichte Ausbreitungen haben, die dem Lichte ausgeſetzt wären, und auch an der Augkugel weiter nicht hängen, als eben da, wo ſie eintreten, ſo können ſie auf die Art, wie hier von den geradeziehenden Muskeln angenommen iſt, von außen nichts leiden, ſondern ſind bloß den vom Gehirne entſpringenden Einflüſſen unterworfen; die überhaupt, es ſey denn bey außerordentlichen Erſchütterungen des ganzen Nervenſyſtems,

faſt gleichförmig wirken. Dieſes ſtimmt auch mit der Erfahrung überein, und ſchickt ſich gut zu der Abſicht, die dieſen Muskeln gewöhnlich zugeſchrieben wird, daß ſie nämlich das Auge ſanft hängend erhalten und nur bey gewiſſen beſondern Gelegenheiten hervorziehen ſollen.

Auch die Ereigniſſe, welche bey Kindern das Schielen verurſachen, beſtätigen dieſe Theorie. Z. B. wenn ein Kind in der Wiege ſo liegt, daß Ein Auge verdeckt iſt, ſo fällt die Wirkung des von außen herkommenden Einfluſſes des Lichts weg. Wird dieß oft wiederholt, beſonders ſo lange die Uebereinſtimmung der Bewegungen, vermöge deren eine von der andern erregt wird, noch ſchwach iſt, ſo wird das ſo bedeckte Auge bloß von den Einflüſſen aus dem Gehirne her regiert werden, und ſich meiſtentheils aufwärts und niederwärts bewegen.

Erfindungen und Verbeſſerung optiſcher Werkzeuge.

Die wichtigſte Verbeſſerung optiſcher Werkzeuge in dieſem Zeitraume, welche nach ganz neuen Grundſätzen verfertigt worden ſind, hat man dem berühmten Dollond zu verdanken. Nachdem er ſich überzeugt hatte, daß die Farbenzerſtreuung nach der Brechung in verſchiedenen Mitteln allerdings gehoben werden könne, ſo dachte er nun auf Mittel, durch eine geſchickte Verbindung mehrerer Okulargläſer nicht allein dieſe Abweichung, ſondern auch die von der Geſtalt der Gläſer herrührende Zerſtreuung gröߧtentheils wegzubringen.

Wenn man, ſagt er, den Sehewinkel in einem Fernrohre 20 Grad groß verlangte, ſo müßten die von dem Rande des Geſichtsfeldes herkommenden Strahlen

len unter einem Winkel von 10 Grad gebogen werden, wodurch, wenn man nur Ein Augenglas anwendet, eine Abweichung entſteht, die dem Würfel dieſes Winkels proportional iſt. Wird aber die Brechung unter zwey Gläſer gleich vertheilt, ſo wird die Abweichung ſich wie der Würfel des halben Winkels zweymahl genommen verhalten, oder nur den vierten Theil ſo groß ſeyn, als in jenem Falle; und wenn die Abweichung auf drey Gläſer vertheilt wird, ſo wird ſie nur den neunten Theil ſo groß bleiben als vorhin. Daraus erhellet, daß die nach dem Rande des Geſichtsfeldes hin ſich äußernde Undeutlichkeit ſehr vermindert werden mag, wenn ſie gleich nicht gänzlich gehoben werden kann.

Ganz anders verhält es ſich mit der Verbeſſerung der Farbenzerſtreuung. Denn da man die Abweichung wegen der Kugelgeſtalt der Gläſer nur bis auf einen gewiſſen Grad durch Vermehrung der Gläſer vermindern kann, ſo läßt ſich die von der verſchiedenen Brechbarkeit entſtehende durch die Hinzufügung eines einzigen Glaſes gänzlich heben. So zeigt ſich, daß in dem Sternrohre zwey gehörig eingerichtete Okulargläſer den Rand der Gegenſtände frey von Farben bis ganz an den Umfang des Geſichtsfeldes darſtellen werden. Imgleichen laſſen ſich in dem Erdrohre, in welchem eigentlich nur zwey Okulargläſer nöthig ſind, durch Hinzufügung eines dritten Glaſes die Gegenſtände aufrecht darſtellen, und die Farbenzerſtreuung, welche ſonſt das Bild undeutlich machen würde, gänzlich wegbringen. Doch iſt dieß nur mit einiger Einſchränkung zu verſtehen. Man iſt zwar hierdurch im Stande, die ungleichartigen Strahlen, welche an den Rändern der Okulargläſer durchgehen, mit einander parallel zu

machen; allein bey Gläſern von großen Brennweiten würden ſie zu weit von einander zu liegen kommen, als daß die Augenöffnung alle parallele Strahlen auffangen könnte. Dadurch wird alſo verurſacht, daß in langen Fernröhren mit drey Okulargläſern nach der gewöhnlichen Art das Geſichtsfeld allemal ſehr klein wird.

Daher ward Dollond veranlaßt, auf Mittel zu denken, wie das Geſichtsfeld durch eine gute Verbindung mehrerer Gläſer vergrößert werden könnte, ohne der Deutlichkeit und Helligkeit des Bildes zu ſchaden, wie auch andere vor ihm ſchon verſucht hatten. Weil er bemerkte, daß einige Fernröhre mit fünf Augengläſern, die man bisher verfertigt hatte, einer fernern Verbeſſerung fähig wären, ſo gab er ſich deßhalb Mühe, und war auch ſo glücklich, daß dergleichen nach ſeiner Art verfertigte Fernröhre von den beſten Kennern für ſehr vorzüglich erklärt wurden.

Dieſer glückliche Erfolg munterte ihn auf, zu verſuchen, wie viel ſich noch durch Hinzufügung eines ſechſten Glaſes das Geſichtsfeld vergrößern ließe, ſo daß die Abweichungen der Strahlen möglichſt gehoben würden, ohne der Deutlichkeit zu nahe zu treten; er erhielt auch zuletzt ein ſo großes Geſichtsfeld, als man es nur verlangen konnte, und dieß ſelbſt in den längſten Fernröhren, die man machen kann.

Da dieſe Fernröhre mit ſechs Gläſern vielen Beyfall fanden, ſo machte er ſeine Erfindungen in einem Briefe an Short bekannt, welcher in der Geſellſchaft am 1. März 1753 vorgeleſen ward x).

Eu-

x) Philoſ. Tranſ. Vol. XLVIII. p. 103.

Euler [y]) theilte in einer Abhandlung Berechnungen über die Verbindungen der Linſen in Fernröhren mit drey Gläſern mit, und unterſuchte mit großer Genauigkeit die beſt möglichſte Einrichtung jener Dollond'ſchen Fernröhre [z]). In einer andern Abhandlung [a]) giebt er die ſchwerſten dioptriſchen Formeln zum Theil ohne Beweis.

Außerdem gab man in dieſem Zeitraume noch andere Vorſchläge, Fernröhre kürzer oder ſonſt vortheilhafter eingerichtet zu verfertigen, welche aber weiter nicht in Ausübung gekommen ſind.

Lambert [b]) zeigt in einer Abhandlung, wie man in Perſpektiven mit einem Okulare allein, oder mit einem davor befindlichen dritten Converglaſe, die Farbenſpielung vermeiden könne, ohne daß man nöthig hat, zweyerley Glasarten zu nehmen. Die Möglichkeit hievon läßt ſich ohne Rechnung auf dieſe Art begreiflich machen. Die blauen Strahlen fahren nach der Brechung durch das Objektivglas auf einen nähern Punkt hinter dem Okulare zu, als die rothen. Nun werden ſie aber durch das Okular wieder ſtärker gebrochen, als die rothen, um das virtuelle Bild vor dem Okulare zu machen, und zwar nach der entgegengeſetzten Seite hin, als wohin ſie vorher gebrochen wurden. Daher muß es wohl möglich ſeyn, die Einrichtung ſo zu machen, daß ſie nunmehr mit den rothen von Einem Punkte herkommen. Mit einem convexen

y) Mém. de l'Acad. roy. de Berlin. 1757. p. 323. ſuiv.
z) Miſcellan. Taurinenſ. Vol. III. P. II. p. 92.
a) Mém. de l'Acad. roy. de Berlin. 1757. p. 283. ſuiv.
b) Sur les lorgnettes achromatiques in den Nouv. mém. de Berlin 1771. p. 338.

vexen Glaſe geht dieß nicht an, weil die zweyte Brechung den Vereinigungspunkt der blauen noch mehr entfernt.

Auch redete man in dieſem Zeitraume von ſogenannten Nachtfernröhren oder Katzenaugen. Dieß ſind ordentliche aſtronomiſche Fernröhre, welche zwar wenig vergrößern, aber deſto mehr überſehen laſſen, und, wegen ihrer großen Oeffnung, Gegenſtände, die nicht ſehr leuchten, als Kometen, teleſkopiſche Fixſterne, ſichtbar machen. Man kann ſie auf eine ganz einfache Art einrichten, wenn man dem Objektive eine größere Oeffnung, und dem Okulare eine größere Brennweite, als ſonſt gewöhnlich, giebt. Lambert [c]) beſchreibt ein ſolches, welches er zu gebrauchen pflegte. Das Objektiv hat 7 Zoll, das Okular 1 Zoll Brennweite, die Oeffnung des Okulars iſt 1 Zoll im Durchmeſſer; das Objektiv bekommt eine Oeffnung von 8 bis 12 Linien im Durchmeſſer, jene bey Tage, weil da der Augenſtern klein iſt, dieſe bey Nacht. Dieß Werkzeug faßt 6 bis 7 Grad am Himmel, und läßt bey hellen Nächten die Jupiterstrabanten erkennen, wenn ſie dem Hauptplaneten nicht zu nahe ſind.

De la Lande [d]) redet von dieſen Nachtfernröhren als einer von ihm gemachten Entdeckung. Allein die Sache muß ſchon länger bekannt geweſen ſeyn, da ſchon Huygens in ſeiner Dioptrik dergleichen Fernröhre beſchreibt, die zwey Okulare haben, zwiſchen welche das Bild des Gegenſtandes fällt. Auch kann man zwey Convexgläſer zwiſchen das Objektivglas und das Bild ſetzen, dergleichen Muſſchenbroek [e]) beſchrieben und abgebildet hat.

Wäh-

c) Beyträge ꝛc. Th. III. S. 204.
d) Aſtronomie. §. 1811. der 1ten Ausg.
e) Introd. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 795.

Während der Zeit, da ſich Dollond mit Verbeſſerung der Fernröhre beſchäftigte, hatte man die Spiegelteleſkope zu einem höhern Grad der Vollkommenheit zu bringen geſucht. So verfertigte Short um 1734 Spiegelteleſkope, welche alle andere in London verfertigte übertrafen. Short wohnte damals in Schottland, zog aber nachher nach England. Zuerſt machte er ſeine Spiegel von Glas, einem von Newton gegebenen Rathe zu Folge; allein er fand, daß ſie nicht ſo viel Licht zurückſendeten, als er ſich vorgeſtellt hatte, und fand noch andere große Schwierigkeiten darin, ſie vollkommen auszuarbeiten, ſo daß er ſich deßwegen auf die Verbeſſerung der metallenen Spiegel mit Fleiß legte. Hierin glückte es ihm auch durch die geſchickte Krümmung, die er ihnen zu geben wußte, weßwegen er ſeinen Spiegeln größere Oeffnungen geben konnte, als andere Künſtler es zu thun im Stande waren; desgleichen durch die genauere Zuſammenpreſſung der Spiegel u. ſ. w. Durch einige ſeiner Teleſkope, in welchen der große Spiegel 15 Zoll Brennweite hatte, konnte er und andere die Tranſactionen auf 500 Fuß weit leſen; und ſie ſahen einigemal dadurch die fünf Trabanten des Saturns zuſammen, worüber Maclaurin, welcher dieſe Nachricht aufgeſetzt hat, ſich ſehr wunderte, bis er fand, daß der ältere Caſſini ſie bisweilen alle mit einander durch ein 17füßiges dioptriſches Fernrohr geſehen hätte.

Prieſtley[f]) bemerkt, daß Short gegen die Caſſegrain'ſchen Spiegelteleſkope, nach einer Nachricht von ſeinem Freunde Michell, dieſen Haupteinwurf gemacht habe, daß ſie erhabene Sachen, z. B. Hü-

f) Geſchichte der Optik durch Klügel. S. 429 f.

Hügel auf dem Monde, hohl, und hohle erhaben darſtellten. Auch habe er ſie nicht für völlig ſo deutlich gehalten als andere Arten; welches aber Michell der geringern Güte der Ausarbeitung zugeſchrieben habe.

In dem Gregorianiſchen Spiegelteleſkop, ſagt Michell, muß der große Spiegel vollkommen paraboliſch, und der kleinere elliptiſch ſeyn, ſo daß der eine von ſeinen Brennpunkten in den Brennpunkt des großen Spiegels, und der andere dahin falle, wo ſich die von dem kleinern zurückgeworfenen Strahlen vereinigen würden, wenn ſie nicht von dem erſten Augenglaſe aufgefangen wären. In den Caſſegrain'ſchen muß der große Spiegel ebenfalls genau paraboliſch, aber der kleinere hyperboliſch ſeyn, und des letztern Brennpunkte müſſen dahin fallen, wo vorher die Brennpunkte des elliptiſchen Spiegels waren. Beyde Spiegel, der elliptiſche und der hyperboliſche, ſind gar wenig von einem paraboliſchen, der zwiſchen ſie fällt, verſchieden.

Wenn nun in einem dieſer Teleſkope einer der beyden Spiegel von den vorgeſchriebenen Formen abweichen ſollte, ſo kann man den daher entſtandenen Fehler durch eine ſchickliche Veränderung an der Form des andern Spiegels abhelfen, und dieß geſchieht in dem Gregorianiſchen Teleſkope, wenn man die Form nach der entgegengeſetzten Seite, und in dem Caſſegrain'ſchen, wenn man ſie nach derſelben Seite hin abweichen läßt. Muß dieſe Veränderung an dem kleinen Spiegel vorgenommen werden, um die Fehler des großen zu verbeſſern, ſo muß ſie ſo viel größer ſeyn, als eine Veränderung, die an dem großen Spiegel vorzunehmen wäre, eine eben ſo große Abweichung des

klei-

kleinen zu verbeſſern, ſo vielmal die Brennweite des großen Spiegels größer iſt, als diejenige des kleinern. Nun iſt es aber, wegen der Beſchaffenheit der Materialien, und der Art der Arbeit bey Schleifung aller Arten von Spiegeln, Linſen u. d. gl. unvermeidlich, daß nicht alle concave Flächen von der ſphäriſchen Form nach der paraboliſchen hin abweichen, oder noch wohl gar darüber hinaus fallen ſollten, wie es Michell aus der Erfahrung fand: hingegen werden convexe Flächen ſich von der ſphäriſchen Figur zu der Fläche eines länglichten Sphäroids zunächſt deſſen Polen neigen. Dieſe Wirkungen werden, wie er behaupten zu können glaubt, mehr oder weniger ohne Ausnahme eintreten, weil der Rand der Spiegel, der Linſen u. d. gl. ſich ein wenig ſtärker, als die Mitte abſchleiſt.

Folglich liegen die Abweichungen von der ſphäriſchen Form, die aus der Manier, die Spiegel auszuarbeiten, nothwendiger Weiſe entſtehen, in beyden Spiegeln des Gregorianiſchen Teleſkops nach derjenigen Seite hin, nach welcher ſie liegen müſſen, um die Fehler dieſer Spiegel, wie man ſie in der Theorie vorausſetzt, zu verbeſſern, und ſie, wenn die Spiegel groß genug, aber nicht zu groß ſind, vielleicht vollkommen aufzuheben. Aber in Caſſegrains Teleſkop liegen ſie am kleinen Spiegel nach der unrechten Seite hin, und dienen nur dazu, den Fehler zu verſchlimmern, anſtatt ihn zu vermindern oder zu heben. Denn da der kleine Spiegel, wie geſagt, hyperboliſch ſeyn, und an ſeinem Rande eine geringere Krümmung als an dem Scheitel haben und daſelbſt außerhalb der Kugel fallen ſollte, ſo wird er vielmehr, wegen des ſtärkern Abſchleiſens, an dem Rande krummer, als an dem Schei-

Scheitel, ſeyn, und innerhalb der Kugel fallen. Es wird äußerſt ſchwer ſeyn, dieſe Fehler des kleinen Spiegels durch eine Veränderung an der Form des großen zu verbeſſern. Dieſer müßte zu dem Ende an dem Rande eine beträchtlich geringere Krümmung als die paraboliſche haben; und wenn dieſelbe bis zur ſphäriſchen oder noch weiter verkleinert werden müßte, ſo wird es ſo wenig zu erreichen ſtehen, als dem kleinen Spiegel gleich Anfangs die hyperboliſche Geſtalt zu geben.

Daraus, daß Hohlſpiegel gern von der ſphäriſchen Figur zur paraboliſchen oder hyperboliſchen abweichen, ſchließt Michell, es ſey praktiſch möglich, reflektirenden Teleſkopen mit einer Oeffnung von gewiſſer Größe eine größere Deutlichkeit zu geben, als ſie bey einer kleinern Oeffnung haben. Denn wenn bey einem gewiſſen Grade der Abſchleifung an dem Rande die größere Oeffnung paraboliſch bleibt, ſo wird die kleinere dadurch hyperboliſch werden. Nur dann, wenn man die Spiegel genau ſphäriſch annimmt, iſt die Deutlichkeit deſto größer, je kleiner die Oeffnung iſt. Der verſtorbene Short wußte dieß, ſagt er, gar wohl aus der Erfahrung, und machte es ſich ſehr zu Nutze.

Smith [g]) hat ſich die Mühe gegeben, über die Vergrößerung, ſowohl des Newton'ſchen als des Caſſegrain'ſchen Teleſkops, umſtändliche Rechnungen anzuſtellen.

Eine ſchöne Einrichtung eines Aequatorial-Teleſkops haben wir Short'en [h]) zu verdanken. Er nennt es auch ein tragbares Obſervatorium, weil ſolche, die keine Sternwarte haben, mit

g) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 471.
h) Philoſ. Tranſ. abreg. Vol X. p. 156.

mit geringer Mühe ziemlich genaue Beobachtungen damit anſtellen können. Es iſt ein Teleſkop, das mittelſt einer ſinnreichen mechaniſchen Vorrichtung auf jeden Grad der Rectaſcenſionen oder Deklinationen geſtellt werden kann; ſo daß man jeden himmliſchen Körper, deſſen Stelle bekannt iſt, ohne Mühe ſelbſt bey Tage finden kann. Weil ſich das Fernrohr parallel mit dem Aequator drehen läßt, ſo kann man jeden Gegenſtand am Himmel leicht im Geſicht behalten, oder wieder finden, ohne daß man das Auge zu verrücken nöthig hätte. Mit dieſem Werkzeuge ſind, wie Short berichtet, die meiſten Sterne von der erſten und zweyten Größe, ſelbſt zu Mittage bey hellem Sonnenſcheine, geſehen worden, wie auch Merkur, Venus und Jupiter; Saturn aber und Mars ſind wegen ihres mattern Lichts ſo leicht nicht zu erkennen, es müßte denn die Sonne ſchon ziemlich niedrig ſtehen.

Aepinus [i]) that den Vorſchlag, die Röhren langer Teleſkope unter einem rechten Winkel zu biegen, und an dem Winkel einen ebenen Spiegel anzubringen, damit man die Gegenſtände um den Scheitelpunkt bequemer beobachten könne, wozu er nähere Anleitung giebt, beſonders wie man zu verfahren habe, wenn ein Mikrometer angebracht werden ſoll.

Auch hat man den Verſuch gemacht, bey Mikroſkopen Spiegel anzubringen. So gab Robert Baker [k]) eine Vorrichtung an, welche aus einem Hohlſpiegel, der ſtatt des Objektivglaſes dient, und aus einem Augenglaſe beſteht, gegen welches die hohle Fläche des Spiegels gekehrt iſt. Das Objekt wird vor dem Spiegel in einer ſolchen Entfernung geſtellt, daß

i) Nov. Commentar. Petrop. Vol. IX. p. 488.
k) Philoſ. Tranſ. abreg. Vol. VIII. P. I. p. 120.

daß das davon zurückgeworfene Bild in den Brennpunkt des Augenglaſes fällt, und durch dieſes mittelſt paralleler Strahlen betrachtet wird. Dieſe Art Mikroſkope iſt aber nicht ſo bequem zum Gebrauche, als die gewöhnliche; es iſt auch nicht anders, als zu ſehr kleinen oder durchſichtigen Objekten dienlich, weil wegen ihrer Lage zwiſchen dem Spiegel und dem Glaſe zu viel Licht aufgefangen werden würde, wenn ſie groß und undurchſichtig wären.

Eine andere Art reflektirender Mikroſkope hat Smith [1]) angegeben. Die Einrichtung iſt folgende: (fig. 76.) AD iſt ein großer Hohlſpiegel, und ad ein kleiner Converſpiegel, beyde in der Mitte bey BC und bc durchbohrt. Sie haben beyde einerley Krümmung oder ſind aus Schüſſeln von gleichem Halbmeſſern geſchliffen, zwey Zoll nämlich, ſo daß jedes Brennweite genau Einen Zoll beträgt. Sie werden beyde etwa $1\frac{1}{2}$ Zoll von einander geſtellt, daß ſolchergeſtalt ein Objekt OPQ, das ein wenig unterhalb des kleinen Spiegels angebracht iſt, zwiſchen dem Brennpunkte F und dem Mittelpunkte E des großen liegt. Unter dieſen Umſtänden werden die von P ausfahrenden Strahlen PA, PD von dem großen Spiegel nach p hin geworfen werden, wo ſich das Objekt abbilden würde, wenn der kleine Spiegel nicht die Strahlen auffienge. Weil dieſe nach einem Punkte p hinzielen, der näher bey dem Spiegel als deſſen Brennpunkt f iſt, ſo werden ſie nach P hin von dieſem vereinigt, und es entſteht daſelbſt das letzte Bild OPQ, welches durch das Augenglas G von dem Auge in I betrachtet wird.

Dieſes Mikroſkop, ob es gleich nicht zum Beſten ausgearbeitet war, that doch, wie Smith verſichert,

1) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 448 f.

ſichert, faſt dieſelben Dienſte, wie die beſten dioptriſchen Mikroſkope, ſo daß er nicht zweifelte, es würde dieſe übertroffen haben, wenn es genau wäre ausgearbeitet worden.

Im Jahr 1738 oder 1739 machte Lieberkühn zwey merkwürdige Erweiterungen in dem Gebrauche der Mikroſkope durch die Erfindung des Sonnenmikroſkops und des Mikroſkops zu undurchſichtigen Gegenſtänden. Von beyden zeigte er bey ſeinem Aufenthalte in England in dem Winter von 1739 einen von ihm ſelbſt ausgearbeiteten Apparat verſchiedenen Mitgliedern der königlichen Geſellſchaft, und einigen optiſchen Künſtlern, vornemlich dem Herrn Cuff, welcher ſich viel Mühe gab, dieſe Erfindung noch weiter zu treiben.

Käſtner [m]) führt an, er habe die erſte Nachricht von Sonnenmikroſkopen bey Sam. Reyher, Prof. in Kiel, gefunden [n]), und nach Anführung des Baron von Gleichen, genannt Rußworm [o]) ſoll Balthaſaris zu Erlangen im Jahre 1710 ein Sonnenmikroſkop verfertigt haben. Wahrſcheinlich iſt aber die Erfindung des Balthaſaris nichts weiter, als eine gewöhnliche Zauberlaterne, aber durch Sonnenlicht erleuchtet, geweſen. Wolfs angeführter Gedanke, die Zauberlaterne auch als Vergrößerungswerkzeug zu gebrauchen, mag vielleicht dem D. Lieberkühn die Veranlaſſung zu der Erfindung des Sonnenmikroſkops gegeben haben. Die erſte Nachricht

m) Anfangsgründe der Dioptrik. 4te Aufl. 1792. §. 108.

n) Matheſis Moſaica. Kil. 1679. p. 171. n. 23.

o) Abhandlung von Sonnenmikroſkopen. Nürnb. 1781. 4.

richt hievon giebt Baker [p]), welcher durch ein ſolches Inſtrument die Adern in dem Gekröſe eines Froſches bis auf 2 Zoll im Durchmeſſer vergrößert, und die darin rollenden Blutkügelchen ſo groß als Pfefferkörner geſehen hatte.

Das Lieberkühn'ſche Sonnenmikroſkop, ſo wie es Cuff verfertigte, beſteht aus einer Röhre, einem Planſpiegel, einem Erleuchtungsglaſe und einem Wilſon'ſchen Mikroſkope. Die Röhre iſt von Meſſing, ohngefähr 2 Zoll weit, und in einer runden Büchſe von Mahagonyholz befeſtigt, welche in einer viereckten Tafel nach Belieben gedreht werden kann, ſo daß ſich die Röhre ganz bequem in dem Loche eines Fenſterladens befeſtigen läßt, ohne daß anders, als durch ſie, etwas Licht in das dunkele Zimmer kommen kann. An der Außenſeite der Tafel iſt ein Spiegel mittelſt eines Gewindes befeſtigt, der durch einen aus Gelenken zuſammengeſetzten und durch die Tafel gehenden Stab ſo geſtellt werden kann, daß er die Sonnenſtrahlen durch die Röhre in das verfinſterte Zimmer wirft. Am Ende der Röhre, nach außen hin, iſt ein Erleuchtungsglas, und an dem andern Ende in's Zimmer hinein iſt ein Wilſon'ſches Taſchenmikroſkop angeſchroben, welches das zu betrachtende Objekt in einem Schieber hält. Weil die Sonnenſtrahlen von dem Erleuchtungsglaſe durch die Röhre auf das Objekt geleitet werden, ſo entwirft ſich von dieſem ein deutliches und ſchönes Bild auf einem Schirme von weißem Papiere, und ſo ſehr vergrößert, als ſich niemand, der es nicht geſehen hat, vorſtellen kann.

Auch läßt ſich dieſes Werkzeug ſehr leicht mit einer tragbaren Camera obſcura verbinden, und das Bild

p) Philoſ. Tranſ. Vol. XLI. n. 458. Sept. 1740. p. 508.

Bild auf einer Scheibe von matt geſchliffenem Glaſe oder auf einem Papiere auffangen, wobey die Vorſtellung ſehr deutlich wird, wenn nur Bild und Auge im Dunkeln ſtehen. Beſchreibungen hievon findet man bey Ledermüller [q]) und Brander [r]).

Das Mikroſkop zu undurchſichtigen Gegenſtänden hilft der Unbequemlichkeit ab, die dunkele Seite dem Auge zugekehrt zu haben. Denn vermittelſt eines ſehr polirten ſilbernen Hohlſpiegels, in deſſen Mittelpunkte das Vergrößerungsglas befindlich iſt, wird das Objekt ſo ſtark erleuchtet, daß man es ſehr bequem und mit Vergnügen unterſuchen kann. Einen wohl eingerichteten Apparat, mit vier verſchiedenen Spiegeln und Vergrößerungsgläſern von verſchiedener Stärke arbeitete Cuff mit vieler Vollkommenheit aus.

Lieberkühn machte an ſeinem Sonnenmikroſkope beträchtliche Verbeſſerungen, beſonders in der Einrichtung deſſelben zur Betrachtung undurchſichtiger Gegenſtände. Aepinus [s]), welcher dieſes erzählt, und ſelbſt eine Probe davon mit Vergnügen ſahe, konnte ſich nicht beſinnen, wie die ganze Vorrichtung war. Lieberkühn ſelbſt ward durch den Tod verhindert, ſeine ſinnreiche Methode ſelbſt bekannt zu machen. Indeſſen ward Aepinus dadurch veranlaßt, der Sache ſelbſt nachzudenken, und kam auf eine wichtige Verbeſſerung dieſes Werkzeugs. Er ſchlug näm-

q) Nachleſe ſ. mikroſkop. Gemüths- und Augenergötzung. Nürnberg 1762. S. 41. u. f.

r) Kurze Beſchreibung einer ganz neuen Camerae obſcurae und eines Sonnenmikroſkops. Augſp. 1769. 8.

s) Emendatio microſcopii ſolaris in Nov. comment. Petrop. Tom. IX. p. 316.

nämlich vor, dem gewöhnlichen Sonnenmikroſkope noch zwey meſſingene Platten (fig. 77.) CA, BA beyzufügen, welche bey A durch ein Gewinde verbunden, und durch die Feder m und Schraube n in der nöthigen Entfernung von einander gehalten werden. Die Sonnenſtrahlen ab, cd würden durch das Erleuchtungsglas auf den Spiegel db hingelenkt, der an der innern Platte BA befeſtigt wäre. Von dieſem würden ſie auf das Objekt ef geworfen, und erleuchteten deſſen Vorderſeite, von welcher ſich dann durch die Linſe k, die in der Platte CA ſtände, und durch eine Oeffnung in der Platte BH, das Bild nach dem Schirme zu entwerfen würde.

Schon vorher hatte Euler [t]) eine Art angegeben, wie man mittelſt zurückgeworfenen Lichts verſchiedenen Unbequemlichkeiten bey dem Gebrauche der Zauberlaterne und des Sonnenmikroſkops abhelfen könne. Man braucht nur, ſagt er, einen großen Hohlſpiegel, der ſo wie in den Teleſkopen in der Mitte durchbohrt iſt, aber man muß das Licht ſo ſtellen, daß keine Strahlen durch die Oeffnung des Spiegels nach dem Schirme hin kommen können. Er ſchlägt vor, vier verſchiedene Maſchinen dieſer Art zu machen, nachdem die Objekte von verſchiedener Größe ſind, eine für ſolche, die ſechs Fuß lang ſind, eine andere für Objekte von Einem Fuß, eine dritte, für ſolche von zwey Zoll, und eine vierte für Objekte von zwey Linien. Eine Vorſtellung dieſer Einrichtung giebt die fig. 78., wo OD den Hohlſpiegel, E das Objekt, l, l die Lichter, und A die Linſe iſt, durch welche die Strahlen nach der Linſe hin fahren.

Auch

t) Emendatio laternae magicae ac microſcopii ſolaris in Nov. Comment. Petrop. Tom. III. p. 363.

Auch Zeiher [u]) hat verſchiedene Verbeſſerungen in dem Zubehör des Sonnenmikroſkops, inſofern man dadurch undurchſichtige Gegenſtände betrachten will, gemacht. Er giebt zweyerley Einrichtungen an, eine für größere Objekte, eine andere für kleine.

Endlich kam Martin [x]) bey Gelegenheit, da er zu ſeinem eigenen Gebrauche ein Sonnenmikroſkop von einer größern Art als gewöhnlich verfertigt hatte, auf eine Einrichtung, da mittelſt eines noch hinzugefügten Stücks, welches er aber nicht beſchreibt, ſelbſt undurchſichtige Objekte ſehr deutlich dargeſtellt wurden. Wenn er aber das Erleuchtungsglas noch breiter machte, ſo fand er, daß die davon erregte Hitze für die meiſten Objekte zu ſtark war. Sein Werkzeug, ſagt er, ſey wenig theurer, als das gewöhnliche Sonnenmikroſkop.

Die kleinſten Kügelchen, und folglich die ſtärkſten Vergrößerer, welche je gemacht ſind, hat de Torre aus Neapel verfertigt, welcher im Jahre 1765 vier davon an die königliche Societät nach London überſchickte. Das größte dieſer Kügelchen hatte nur zwey Pariſer Punkte im Durchmeſſer, und ſollte ein Objekt 640 mal im Durchmeſſer vergrößern. Das zweyte war Ein Pariſer Punkt, und das dritte hatte nur $\frac{1}{240}$ Zoll im Durchmeſſer, und ſollte daher 2560 mal vergrößern. Baker [y]) erhielt von der Societät den

u) Deſcriptio duplicis microſcopii ſolaris apparatus objectis opacis adaptati in Nov. comment. Petrop. Tom. X. p. 299.

x) Deſcription and uſe of an opake ſolar microſcope. Lond. 1774. 8.

y) Philoſoph. Tranſact. Vol. LVI. p. 67.

den Auftrag, ſie zu unterſuchen. Dieſer aber urtheilte bey aller ſeiner Geſchicklichkeit in Behandlung der Mikroſkope: daß wenig Augen ſeyn möchten, die durch ſie nicht blind werden würden.

Dadurch, daß man Fernröhre mit ſechs Augengläſern verfertigt hatte, kam Euler [z]) auf den Gedanken, den Mikroſkopen gleichfalls ſechs Gläſer zu geben, wovon das eine derſelben eine ſo kleine Oeffnung verträgt, daß es, ſtatt einer Blendung, alles fremde Licht abzuhalten dient, ohne, wie er ſagt, das Geſichtsfeld oder die Helligkeit im geringſten zu vermindern.

Der Vollkommenheit dioptriſcher Inſtrumente ſteht gar ſehr im Wege, daß die Maſſe des Glaſes, das man dazu nehmen muß, nicht völlig gleichartig und rein iſt; ein Mangel, den man bisher, aller Bemühung ungeachtet, nicht hat abhelfen können. Merklin [a]) fand einmal, daß Glas, welches in einer Feuersbrunſt geſchmolzen war, vortrefflich zu Objektivgläſern taugte, und ſchrieb dieſe beſondere Güte dem Umſtande zu, daß es während der Zeit, da es flüſſig geweſen, nicht geſtört worden war. Dieß gab ihm Gelegenheit, folgende Methode vorzuſchlagen. Er füllte Ringe von Sturzblech über die Hälfte mit feuchtem Gießſand, legte darüber eine Schicht feuchten Tripel, druckte hierauf das Glas, das verbeſſert werden ſollte, in dieſe Maſſe, ließ ſie allmählich trocknen, nachdem man das Glas ſanft herausgenommen hatte, ſetzte darauf die Formen mit Stücken gutes Glas, denen er etwa ſchon eine gewiſſe Rundung gegeben hatte, unter eine Muffel in einen beſonders dazu berei-

z) Nov. comment. Petrop. Vol. XII. p. 195.
a) Acta Acad. Caeſar. Vol. IV. p. 507.

bereiteten Ofen, brachte darin das Glas zum Schmel=zen, und ließ es in dem Ofen ſelbſt wieder abkühlen, wobey er ſorgfältig acht gab, daß das Glas nicht die geringſte Erſchütterung litte.

Um die Rectaſcenſionen und Deklinationen be=quem beobachten zu können erfand Caſſini das ſo genannte aſtronomiſche Netz von 45 Graden, welches Zanotti [b]) zuerſt beſchrieben hat. Die da=bey von Bradley angebrachten Verbeſſerungen be=ſchreibt Smith [c]). Solche Netze beſtehen aus un=beweglichen im Brennpunkte des Objektivglaſes aus=geſpannten Fäden. Dieſe Fäden bilden eine Figur, in der eine gewiſſe Linie jederzeit mit der Richtung der täglichen Bewegung parallel geſtellt wird.

An dieſen Mikrometern hat von Segner [d]) ein Mittel zur Vergrößerung des Geſichtsfeldes vorgeſchla=gen, da er nämlich das Augenglas beweglich macht, oder mehrere Augengläſer neben einander ſtellt. Zwey aber, glaubt er, werden hinreichend ſeyn; er giebt nähern Unterricht von dem Gebrauche eines ſolchen Mikrometers zu aſtronomiſchen Beobachtungen.

Um die Größe kleiner Gegenſtände zu ſchätzen, wand Jurin [e]) einen feinen Silberdrath ſo dicht als möglich um eine Nadel, und zählte die Umwindun=gen in der Länge eines Zolls; dann ſchnitt er den Drath in kleine Stückchen, und ſtreuete dieſelben auf einen Tel=

b) La cometa dell' anno 1749 oſſervata nella ſpecula di Bologna.

c) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 318. f.

d) Comment. Gotting. Vol. I. p. 27.

e) Hiſtoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. 1748.

Teller, auf dem die Sache lag, um ihr Bild nach dem Augenmaaße mit dem Bilde der Sache zu vergleichen. So fand er z. B. daß vier Kügelchen im Menſchenblute insgemein die Breite eines Draths bedeckten, von dem 485 Umwindungen auf Einen Zoll gingen. Daher ſetzt er den Durchmeſſer eines Kügelchens = $\frac{1}{1940}$ Zoll.

Eine ſinnreiche Einrichtung des Mikrometers mit zwey Objektivgläſern machten faſt zu gleicher Zeit Servington, Savery und Bouguer. Mit den bisher bekannten Mikrometern hielt es ſchwer, Gegenſtände zu meſſen, welche ſich bewegen, oder zu groß im Geſichtsfelde ſind, ſo daß man damit die Durchmeſſer des Mondes und der Sonne nicht genau beſtimmen konnte. Dieſen Mängeln wurde aber durch dieſe Erfindung abgeholfen.

Es werden nämlich zwey Objektivgläſer von gleichen Brennweiten neben einander ſo geſtellt, daß ein und daſſelbe Augenglas für beyde dient. Solchergeſtalt entſtehen zwey deutliche Bilder des Objekts in dem Brennpunkte des Augenglaſes, und man kann die Entfernung dieſer Bilder, weil ſie ſich nach der Entfernung der Objektivgläſer von einander richtet, ſehr genau meſſen. Nöthig iſt es nicht, daß die ganze Scheibe der Sonne oder des Mondes von dem Geſichtsfelde gefaßt werde; denn wenn nur die Bilder eines kleinen Stücks der Scheibe durch jedes Objektivglas zu ſehen ſind, ſo kann man den ganzen Durchmeſſer der Scheibe leicht aus der Entfernung ihrer Bilder von einander beſtimmen. Iſt das Objekt groß, ſo werden die Bilder ſich einander nähern, ja vielleicht zum Theil in einander rucken. Da die Objektivgläſer beweglich ſind, ſo kann man die beyden Bilder genau

nau mit einander in Berührung bringen, und ihr Durchmeſſer läßt ſich aus der bekannten Entfernung der Mittelpunkte der Gläſer berechnen.

Weil dieſes Werkzeug in dem Brennpunkte des Okularglaſes ein Mikrometer für beyde Objektivgläſer hat, ſo läßt ſich, wenn die Bilder der Sonne und des Mondes zum Theil einander bedecken, der gemeinſchaftliche Theil beyder Bilder mit großer Genauigkeit meſſen, weil ſie auf einem Grunde geſehen werden, der nur um die Hälfte weniger helle iſt, als ſie ſelbſt; ein ſehr vortheilhafter Umſtand bey dieſem Werkzeuge, da ſonſt die Himmelskörper auf einem dunkeln Grunde geſehen für größer gehalten werden, als ſie wirklich ſind. Durch Hinzuſetzung einer leichten Vorrichtung ließen ſich, glaubt Bouguer, mit dieſem Inſtrumente, wofern es nicht zu lang iſt, Winkel von 3 bis 4 Graden meſſen, welches bey Meſſung des Abſtandes der Fixſterne vom Monde von großer Wichtigkeit iſt.

Savery's [f]) Erfindung iſt nicht ganz einerley mit Bouguer's ſeiner. Jener läßt die Stellung der Objektive ungeändert, und begnügt ſich damit, die Unterſchiede zwiſchen den Sonnendurchmeſſern genau anzugeben, und zwar vermittelſt eines gewöhnlichen Mikrometers in den Brennpunkten. Die Sonnenſcheibe ſelbſt in großer Schärfe abzumeſſen, das überſteigt, wie er glaubt, die menſchliche Kunſt. Eben dieß aber leiſtet Bouguer dadurch, daß er die Entfernungen der Objektive von einander ändert. Darum, und weil man nicht ſieht, daß Bouguer etwas

f) Philoſ. Transact. Vol. XLVIII. P. I. p. 167. ſqq.

was von Savery's Erfindung erfahren habe, verbleibt ihm die völlige Ehre der Erfindung.

Dollond [g]) brachte an dieſer Art Mikrometer eine wichtige Verbeſſerung an, da er ſtatt zweyer ganzer Objektivgläſer bloß ein einziges nahm; welches er in zwey Theile zerſchnitten hatte, die über einander hin geſchoben werden. Jedes dieſer halben Objektivgläſer giebt ein beſonderes und deutliches Bild, und ſie ſind, weil man die Entfernung ihrer beyden Mittelpunkte von einander genau wiſſen kann, eben ſo gut wie zwey ganze Objektivgläſer zu gebrauchen, ja zu einigen Abſichten noch bequemer. Noch umſtändlicher hat Dollond ſeine Gedanken in einem andern Aufſatze [h]) vorgetragen. Er ſchlägt vor, die Länge des Fernrohrs zu verkürzen und hinter den halben Objektiven ein ganzes zu ſetzen. Am vortheilhafteſten, ſagt er, werden die halben Objektive an dem Ende eines reflektirenden Teleſkops angebracht, wo der große Hohlſpiegel ſich gegen ſie ſo verhält, wie dort das ganze Objektiv ſich gegen ſie verhält.

Tobias Mayer [i]) ſchlug vor, ein Glas mit Tuſch zu überſtreichen, und mit einem Federkiele ſo viel wegzunehmen, daß parallele Linien ſtehen blieben.

Das vom Marcheſe Malvaſia zuerſt angegebene Mikrometer verfertigte der Mechanikus Brander in Nürnberg in ſehr großer Vollkommenheit. Statt der Fäden ſchnitt er mit einem Diamant Linien ſo fein in Glas, daß ſie kaum $\frac{1}{200}$ einer Linie breit wurden,

und

g) Philoſ. Tranſact. Vol. XLVIII. P. I. p. 178. ſqq.

h) Ibid. p. 558 ſqq.

i) Kosmographiſche Nachrichten und Samml. Wien und Nürnb. 1750. 4. S. 1.

und ihre Abſtände $\frac{1}{10}$ bis $\frac{1}{20}$ einer Linie betrugen. Da aber dieſer Linien ſehr viele ſind, ſo iſt man in Gefahr, eine für die andere bey der Beobachtung zu nehmen.

Martin [k]) ſchlägt ein Mikrometer, wie es an Fernröhren gebraucht wird, auch bey Mikroſkopen vor. Es ſollen nämlich auf Glas mit einer feinen Diamantſpitze eine gewiſſe Anzahl paralleler Linien $\frac{1}{40}$ Zoll von einander gezogen werden. Das Glas wird in dem Orte des Bildes angebracht. Auch bedient ſich Martin einer Schraube.

Brander verſahe unter den zwey zuſammengeſetzten Mikroſkopen, die er (Augsburg 1769. 8.) beſchrieben hat, das eine mit einem ſolchen Gitter, das andere mit einem Schraubenmikrometer. Um dadurch Größen der Gegenſtände zu beſtimmen, muß der Werth der Gitterfächer oder der Schraubenumdrehungen in wahrem Maaße, nebſt der Vergrößerung des Inſtruments bekannt ſeyn. Weil ſich aber die letztere ändert, ſo oft das Mikroſkop anders geſtellt wird, ſo muß ſie für jede Stellung beſonders beſtimmt werden.

Von Buffon kam auch auf den Gedanken, vermittelſt einer geſchickten Zuſammenſtellung von mehreren Planſpiegeln in der Ferne zu zünden, ohne zu wiſſen, was Kircher ſchon vor ihm gethan hatte. Die erſte Nachricht von ſeinen Verſuchen hat er in den Mémoir. de Paris 1747. gegeben. Die Maſchine beſtand aus 168 foliirten ebenen Glasſpiegeln, ſechs Zoll hoch, acht Zoll breit, deren jeder ſich für ſich allein bewegen ließ. Im Ganzen war ſie 7 Fuß breit und

k) Opticks. p. 277.

und 8 Fuß hoch. Man brauchte etwa eine halbe Stunde Zeit, um die Spiegel auf eine gewiſſe Entfernung zu richten.

Bey dem erſten Verſuche den 23. März 1747. da die Maſchine nicht einmal ganz fertig war, zündete Buffon mit 40 Spiegeln, in der Entfernung von 66 Fuß, ein getheertes buchenes Bret an. Den 4ten April um 11 Uhr Morgens brachte er bey ſchwachem Sonnenſcheine mit 40 Spiegeln, in einer Entfernung von 150 Fuß, eine ſolche Hitze hervor, daß in weniger als zwey Minuten ein getheertes Bret zu rauchen anfieng, und gewiß in Brand gerathen ſeyn würde, wenn ſich nicht die Sonne verborgen hätte. Den 10ten April Nachmittags bey hellem Sonnenſcheine ward ein getheertes tannenes Bret, in einer Entfernung von 150 Fuß, mit 128 Spiegeln faſt augenblicklich angezündet. In einer Entfernung von 20 Fuß ward mit 45 Spiegeln eine große zinnerne Flaſche, und mit 117 Spiegeln kleine Stücke Silber geſchmolzen; eine Platte Eiſenblech ward glühend gemacht.

Von Buffon zeigt den vielfachen Nutzen, den ein ſolcher Brennſpiegel hat, z. B. daß man damit von oben herunter zünden und ſchmelzen und daß man ihn zum Maaßſtabe der Hitze brauchen kann; außerdem, ſey er das einzige Mittel, in großen Weiten zu zünden.

Die Urſache, warum man mit einem einzigen Brennſpiegel, er mag eine Form beſitzen, welche er wolle, auf große Entfernungen nicht reichen könne, giebt Buffon ganz richtig an. Er ſagt, man muß nicht bloß diejenigen Strahlen betrachten, welche von einem einzigen Punkte der Sonne, etwa ihrem Mittel-

tel-

telpunkte, herkommen; ſondern weil der Sonnenkörper unter einem Winkel von 32 Minuten geſehen wird, ſo wird das Bild der Sonne im Brennpunkte des Spiegels einen Raum einnehmen, deſſen Durchmeſſer die Chorde eines Winkels am Spiegel iſt. Je größer alſo die Brennweite wird, deſto größer wird auch der Brennraum, welchen die von allen Punkten der Sonne herkommenden Strahlen nach der Zurückwerfung einnehmen. Man muß deßwegen, da ſie ſich ſo viel mehr verbreiten, die Fläche des Spiegels in demſelben Verhältniſſe vergrößern, in welchem der Brennraum größer wird. Z. B. der große Brennſpiegel der Akademie, der 3 Fuß zur Chorde hat, beſitzt einen Brennraum ohngefähr 4 Linien groß. Wollte man einen Brennſpiegel verfertigen, der auf 240 Fuß, wo der Brennraum etwa 2 Fuß breit iſt, gleiche Wirkung äußerte, ſo müßte man ihm 216 Fuß zur Chorde geben. Jener Brennſpiegel ſchmelzt freylich Gold; von Buffon verminderte aber ſeine Breite durch aufgelegtes Papier bis auf 4 Zoll 8 bis 9 Linien. Nun konnte er nicht mehr trockenes Holz damit anzünden. Geſetzt, der Brennſpiegel könne bey einer Breite von 5 Zoll Holz anzünden, ſo muß ein Brennſpiegel, der dieſe Wirkung in einer Entfernung von 250 Fuß äußern ſollte, doch noch 30 Fuß breit ſeyn. Dieſe Betrachtungen machten dem Herrn von Buffon die Möglichkeit ſeines Entwurfs, mit mehreren Planſpiegeln zu zünden, zweifelhaft. Er bedachte aber, daß ein größerer Brennraum mehr leiſten müßte, als ein kleinerer bey gleicher Dichtigkeit der Strahlen, weil die Hitze in dem kleinern ſich den benachbarten Theilen der zu ſchmelzenden oder zu zündenden Sache mittheilt, welche von dem größern Brennraume zugleich

und 8 Fuß hoch. Man brauchte etwa eine halbe Stunde Zeit, um die Spiegel auf eine gewiſſe Entfernung zu richten.

Bey dem erſten Verſuche den 23. März 1747. da die Maſchine nicht einmal ganz fertig war, zündete Buffon mit 40 Spiegeln, in der Entfernung von 66 Fuß, ein getheertes buchenes Bret an. Den 4ten Aprill um 11 Uhr Morgens brachte er bey ſchwachem Sonnenſcheine mit 40 Spiegeln, in einer Entfernung von 150 Fuß, eine ſolche Hitze hervor, daß in weniger als zwey Minuten ein getheertes Bret zu rauchen anfieng, und gewiß in Brand gerathen ſeyn würde, wenn ſich nicht die Sonne verborgen hätte. Den 10ten Aprill Nachmittags bey hellem Sonnenſcheine ward ein getheertes tannenes Bret, in einer Entfernung von 150 Fuß, mit 128 Spiegeln faſt augenblicklich angezündet. In einer Entfernung von 20 Fuß ward mit 45 Spiegeln eine große zinnene Flaſche, und mit 117 Spiegeln kleine Stücke Silber geſchmolzen; eine Platte Eiſenblech ward glühend gemacht.

Von Buffon zeigt den vielfachen Nutzen, den ein ſolcher Brennſpiegel hat, z. B. daß man damit von oben herunter zünden und ſchmelzen und daß man ihn zum Maaßſtabe der Hitze brauchen kann; außerdem, ſey er das einzige Mittel, in großen Weiten zu zünden.

Die Urſache, warum man mit einem einzigen Brennſpiegel, er mag eine Form beſitzen, welche er wolle, auf große Entfernungen nicht reichen könne, giebt Buffon ganz richtig an. Er ſagt, man muß nicht bloß diejenigen Strahlen betrachten, welche von einem einzigen Punkte der Sonne, etwa ihrem Mittel

telpunkte, herkommen; ſondern weil der Sonnenkörper unter einem Winkel von 32 Minuten geſehen wird, ſo wird das Bild der Sonne im Brennpunkte des Spiegels einen Raum einnehmen, deſſen Durchmeſſer die Chorde eines Winkels am Spiegel iſt. Je größer alſo die Brennweite wird, deſto größer wird auch der Brennraum, welchen die von allen Punkten der Sonne herkommenden Strahlen nach der Zurückwerfung einnehmen. Man muß deßwegen, da ſie ſich ſo viel mehr verbreiten, die Fläche des Spiegels in demſelben Verhältniſſe vergrößern, in welchem der Brennraum größer wird. Z. B. der große Brennſpiegel der Akademie, der 3 Fuß zur Chorde hat, beſitzt einen Brennraum ohngefähr 4 Linien groß. Wollte man einen Brennſpiegel verfertigen, der auf 240 Fuß, wo der Brennraum etwa 2 Fuß breit iſt, gleiche Wirkung äußerte, ſo müßte man ihm 216 Fuß zur Chorde geben. Jener Brennſpiegel ſchmelzt freylich Gold; von Buffon verminderte aber ſeine Breite durch aufgelegtes Papier bis auf 4 Zoll 8 bis 9 Linien. Nun konnte er nicht mehr trockenes Holz damit anzünden. Geſetzt, der Brennſpiegel könne bey einer Breite von 5 Zoll Holz anzünden, ſo muß ein Brennſpiegel, der dieſe Wirkung in einer Entfernung von 250 Fuß äußern ſollte, doch noch 30 Fuß breit ſeyn. Dieſe Betrachtungen machten dem Herrn von Buffon die Möglichkeit ſeines Entwurfs, mit mehreren Planſpiegeln zu zünden, zweifelhaft. Er bedachte aber, daß ein größerer Brennraum mehr leiſten müßte, als ein kleinerer bey gleicher Dichtigkeit der Strahlen, weil die Hitze in dem kleinern ſich den benachbarten Theilen der zu ſchmelzenden oder zu zündenden Sache mittheilt, welche von dem größern Brennraume zugleich

jede beliebige Weite fortgeſchickt werden könnten, wie‐wohl man doch auf den Umſtand, daß das Glas ſchmelzbar ſey, Acht haben müſſe [n]).

Zeiher [o]) ſuchte beſonders in der Abſicht Brennſpiegel zu verfertigen, ſie wohlfeiler zu machen, ſo daß faſt jeder Naturforſcher ſie in ſeiner Privatſamm‐lung haben könnte. Er wollte zuerſt Kirchers Ent‐wurf ausführen, ehe er erfuhr, was Buffon durch eine Verbindung mehrerer Planſpiegel geleiſtet hatte. Darauf machte er ein nach Newton's Art einge‐richtetes und verbeſſertes Inſtrument, das aus meh‐reren Hohlſpiegeln beſtand, die er, zur Erſparung der Koſten, aus ebenen Glasplatten bereitete, indem er dieſe auf metallene Schüſſeln legte, und ſie ſo heiß machte, daß ſie dieſelbe Geſtalt mit dieſen annahmen.

Richmann [p]) ſtellte allerhand Verſuche an, das Verhältniß der Hitze, welche Brennſpiegel in verſchie‐denen Entfernungen von ihrem Brennpunkte hervor‐bringen, zu erfahren, und ſie mit der natürlichen Wär‐me des Sonnenlichts zu vergleichen; er konnte aber nichts beſtimmtes herausbringen. Dabey giebt er einen andern Weg an, welcher beſſer glücken ſollte; allein es findet ſich nicht, daß er je ſeinen Entwurf ausge‐führt hätte.

Martin [q]) beſchreibt unter dem Nahmen Gra-phical Perſpective ein optiſches Werkzeug, welches aus einer Röhre mit zwey Linſengläſern von gleicher Brennweite beſteht, die um das doppelte ihrer Brennweite von einander abſtehen, und in deren ge‐mein‐

n) Philoſ. Transact. Vol. LIX. p. 4.
o) Nov. comment. Petropol. Vol. VII. p. 237.
p) Nov. comment. Petropol. Vol. III. p. 340.
q) Opticks. p. 288.

meinſchaftlichem Brennpunkte ein anderes Glas ſich befindet, welches mit der Spitze eines Diamants in gleiche Vierecke eingetheilt iſt. Ungeachtet alſo dieſes Werkzeug keine Vergrößerung verſchafft, ſo dient es doch dazu, den Winkel, unter welchem eine Sache geſehen wird, auf eine leichte Art zu erfahren. Da dieſer Winkel ſich nach der Entfernung der Sache richtet, ſo kann man mittelſt dieſes Werkzeugs unzugängliche Entfernungen und Höhen meſſen; und weil das Geſichtsfeld in gleiche Vierecke getheilt iſt, ſo dient es, die Anſichten der Gegenſtände aufzunehmen. Da überdem alles fremde Licht durch die Röhre abgehalten wird, ſo giebt es Gemählden, welche dadurch betrachtet werden, eine ſchöne Erhabenheit, ſo daß theils dieſer Urſache wegen, und theils, weil ſich die Objekte darin verkehrt entwerfen, die Bilder in einem dunkeln Zimmer ſich dadurch beſonders ſchön ausnehmen. Nimmt man ein Linſenglas von größerer Brennweite zum Vorderglaſe, ſo verwandelt ſich dieß Werkzeug in ein Fernrohr, wodurch Kupferſtiche vergrößert erſcheinen; nimmt man ein kleineres, ſo hat man ein Mikroſkop, und beydemal läßt ſich daſſelbe Mikrometer gebrauchen.

Lambert r) fiel bey Gelegenheit ſeiner Unterſuchungen über die Sprachrohre auf den Gedanken, ein ähnliches Werkzeug für das Licht, wie für den Schall zu erfinden. Seine Erfindung beſteht in einer Erleuchtungsröhre von weißem wohl polirten Bleche in Form eines abgekürzten Kegels. Zum Verſuche nahm er eine ſolche Röhre, die 10 Zoll lang, an dem einen Ende $2\frac{1}{6}$ Zoll, an dem andern $4\frac{1}{4}$ Linie weit war. Mit

r) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Berlin. 1770. p. 51.

Mit dieſer konnte er mittelſt der Sonnenſtrahlen eine Lunte, welche er in die kleine Oeffnung hielt, in zwey Minuten in Brand bringen. Als er ſie mit der kleinen Oeffnung vor eine Lichtflamme brachte, warf ſie das Licht ſo weit, daß er 40 bis 45 Fuß davon leſen konnte. Die Höhe des abgeſchnittenen Kegels muß dem Halbmeſſer der größern Oeffnung des Kegelſtücks gleich ſeyn; die Axe des abgekürzten Kegels kann 5 Zoll werden, und ſo wird die Axe des ganzen Kegels $7\frac{1}{3}$ Zoll, alſo der Durchmeſſer der größern Oeffnung $4\frac{2}{3}$ Zoll. Die unterſte Seite des Kegelſtücks macht mit der zu erleuchtenden Fläche am beſten einen Winkel von 45 Grad, und die obere Oeffnung wird ſenkrecht abgeſchnitten, wenn dieſe Fläche horizontal iſt. Das Blech ſo zu ſchneiden, daß der Schnitt, wenn es zuſammengefügt wird, eine ſenkrechte Ellipſe macht, lehrt Lambert durch eine geometriſche Conſtruktion. Eine ſolche Erleuchtungsröhre hatte er an eine Lampe angebracht, welche im weſentlichen mit den gewöhnlichen übereinkommt. Die Erleuchtung iſt ſehr bequem und gleichförmig; die Lampe wird zur Seite geſetzt. Lambert ſetzt die Lichtflamme 12 bis 13 Zoll hoch, und 2 Fuß vom Papier am Ende des Tiſches. Auf ſolche Art erhält er über den ganzen 5 Fuß langen Tiſch ein ſehr gutes und gleichförmiges Licht. Man kann eine ſolche Lampe ſehr gut brauchen, um im Bette auf 5 bis 8 Fuß weit davon zu leſen. Als er aus einem Fenſter, das 15 Fuß hoch über der Gaſſe war, die Gaſſe erleuchtete, konnte man in der Weite von 60 Fuß jeden Strohhalm erkennen, und in einer Weite von 35 bis 40 Fuß leſen.

Licht der leuchtenden Körper.

Ueber den Bononiſchen Leuchtſtein haben um das Jahr 1728 Galeatius und Zanottus s), Secretair des Inſtituts zu Bologna, mehrere Unterſuchungen angeſtellt. Sie fanden, daß unter einem luftleeren Recipienten der Leuchtſtein etwas weniger Licht einſauge und es nicht ſo lange behalte, wie in der atmoſphäriſchen Luſt. Zugleich kam Zanottus auf den Gedanken, daß vielleicht dieſer Streit dienen könne, den Streit zu entſcheiden, welcher damals zwiſchen den Newtonianern und Carteſianern über die Natur des Lichts ſehr lebhaft geführt ward; wie auch die Frage zu beantworten, ob das Licht des Leuchtſteins fremdes von ihm eingeſogenes, oder ſein eigenes wäre, welches durch Einwirkung von fremdem Lichte nur in Thätigkeit geſetzt worden. Sie hielten alſo, im Beyſeyn des Algarotti, eines großen Anhängers Newton's, einige ihrer beſten Stücke in verſchiedentlich gefärbtes Licht, welches durch ein Prisma in einem dunkeln Zimmer hervorgebracht war; allein ob ſie gleich einige ſehr ſchöne Prismen aus England bekommen hatten, ſo konnten ſie doch keinen irgend merklichen Unterſchied wahrnehmen, von welcher Farbe auch das Licht geweſen war, in welches ſie den Leuchtſtein gehalten hatten. Die Erleuchtung war auf dieſe Art immer ſchwach. Auch betrachteten ſie den leuchtenden Bologneſer Stein durch ein Prisma, ſie konnten aber keinen Unterſchied der Farbe daran wahrnehmen. Es war, als wenn ſie durch ein Prisma auf ſchwach glühende Kohlen ſähen.

Ueberhaupt macht Zanottus, welcher die Nachricht aufgeſetzt hat, den Schluß, daß beyde Hypothe-

s) Comment. Bonon. Vol. VI. p. 205.

potheſen ſich mit den Verſuchen vertragen. Daß aber der Leuchtſtein durch ſein eigenes Licht glänze, welches durch das von außen auffallende in Thätigkeit verſetzt worden, hält er für ausgemacht, weil der Leuchtſtein bloß leuchtet, ohne die Farbe des Lichts, in welches er gehalten wird, anzunehmen. Dagegen hat Beccari aus Turin beobachtet, daß Stücke künſtlichen Phosphors, welche den Bononiſchen calcinirten Stein weit übertrafen, wenn ſie in Röhren eingeſchloſſen wurden, in welche das Licht durch gefärbtes Glas fiel, eben dieſe Farbe zeigten. Auf dieſe Art wird auch der Phosphor von jeder beſondern Gattung des Lichts weit ſtärker erleuchtet, als es in dem prismatiſchen Sonnenbilde möglich war. Dieß ſcheint demnach die Meynung, daß der Phosphor daſſelbe Licht, welches er empfängt, und kein anders, von ſich gebe, außer Streit zu ſetzen, mithin auch zu beweiſen, daß das Licht wirklich aus körperlichen Theilchen beſtehe, weil es eingeſogen, zurückgehalten und wieder von ſich gegeben werden kann.

Außer dem Bononiſchen Leuchtſtein, dem Balduiniſchen Phosphor und einem kalkartigen Körper zu Bern hatte man bis zum Jahr 1730 keinen Körper weiter gekannt, welcher im Dunkeln leuchtete, nachdem er zuvor im Feuer, oder im Lichte gelegen hatte. Allein in dieſem Jahre entdeckte du Fay [t]) eben dieſe Eigenſchaft an allen Körpern, welche entweder durchs Feuer allein, oder nachdem ſie vorher in Salpeterſäure aufgelößt waren, ſich in Kalk verwandeln ließen. Auf dieſe Entdeckungen kam er, als er mit einigen Edelſteinen, zu andern Abſichten, Verſuche anſtellte. Hier bemerkte er, daß der gemeine To-

pas

t) Mém. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris an. 1730.

pas durch die Calcination alle Eigenſchaften des Bononiſchen Phosphors bekam; und darauf fand er ſie auch im hohen Grade an Belemniten, Gyps, Kalkſtein und Marmor. Einige ſehr harte Körper dieſer Art mußte er vorher in Säuren auflöſen, ehe ſie durch die Calcination phosphoreſciren ſollten; und mit einigen Arten wollte es ihm ſelbſt auf dieſe Art nicht gelingen, insbeſondere mit Kieſel, Flußſand, Jaspis, Achat und Bergkryſtall.

Ueberdem entdeckte du Fay [u]) im Jahr 1734 noch, daß einige Diamanten, ein Smaragd und manche andere Edelſteine dieſe Eigenſchaft, ohne irgend eine chemiſche Preparation, beſaßen. Doch konnte er keine Regel finden, die Diamanten, welche dieſe Eigenſchaften beſaßen, von denjenigen, welche ſie nicht hatten, zu unterſcheiden. Unter andern Verſuchen fand er, daß beyde Gattungen, nachdem ſie ſtark erhitzt waren, unverändert blieben. Als du Fay dieſe Eigenſchaften an den Diamanten entdeckte, wollte er auch ſehen, ob ſie durch die Erhitzung leuchtend gemacht würden, und legte ſie, bloß in der Abſicht ſie zu erwärmen, in die Sonne. Bey dieſer Gelegenheit verwunderte er ſich, daß Boyle und andere, unter den mancherley Arten Diamanten zu erhitzen, nicht auf dieſe von ihm gebrauchte gefallen wären, wodurch ſie ohne Zweifel auf die Eigenſchaft des Einſchluckens des Lichts würden geführt worden ſeyn.

Ferner bemerkte du Fay, daß alle dieſe Phosphoren ihre Kraft verloren, wenn ſie lange Zeit dem Tageslichte ausgeſetzt blieben; daß aber auch einige ihre Schön=

u) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1735.

Schönheit ziemlich lange behielten, wenn ſie gleich in Waſſer getaucht waren; daß einige, plötzlich in Waſſer getaucht, einen beſonders ſtarken Glanz bekamen, während ſie im Waſſer aufgelößt und dadurch erhitzt wurden, wiewohl dieß nur ſehr kurze Zeit dauerte. Auch beobachtete er, daß einige ſeiner Diamanten ihren Glanz behielten, nachdem er ſie 6 Stunden in ſchwarzem Wachſe eingewickelt gehabt hatte. Die Urſache des unter dieſen Umſtänden entſtandenen Glanzes, welchen du Fay nicht zu erklären wußte, ſoll weiter unten angeführt werden. Außer dem gemeinen Waſſer verſuchte er auch, welche andere Flüſſigkeiten dieſen Phosphoren die Eigenſchaft, das Licht in ſich zu ziehen, benehmen könnten; er brachte aber ſeine Verſuche darüber nicht zu Ende.

Daß einige Diamanten die Eigenſchaft des Bononiſchen Leuchtſteins beſitzen, ward auch von Beccari x), faſt zu gleicher Zeit mit du Fay, entdeckt. Eine Wöchnerinn, welche er beſuchte und deren Zimmer ziemlich dunkel war, bemerkte, daß der Diamant, den er in einem Ringe am Finger trug, ungewöhnlich ſtark glänzte. Dieß gab ihm Veranlaſſung, denſelben genau zu unterſuchen, worauf er fand, daß er wirklich die Eigenſchaft, das Licht einzuziehen und wieder von ſich zu geben, hatte. Hievon ertheilte er der Akademie des Inſtituts zu Bologna Nachricht im November 1734.

Als Beccari auf dieſe Art zufällig gefunden hatte, daß dieſer Diamant ein wahrer natürlicher Phosphor war, ſo gab er ſich Mühe, alle Arten Kör-

x) Commentar. Bonon. Vol. II. p. 276. und *Beccarii* Comment. p. 44 ſqq.

Körper zu unterſuchen, und erfand zu dem Ende ein tragbares Cabinet, in welchem er ſich ſelbſt völlig im Dunkeln halten, und ohne Zeitverluſt jeden Körper, nachdem er ihn dem Sonnenlichte ausgeſetzt hatte, ſogleich betrachten konnte. So fand er, daß faſt jede Sache in der Natur mehr oder weniger Licht in ſich zieht, und wieder von ſich giebt. Sehr mühſam vertheilte er die Körper in Klaſſen, nachdem ſie mit oder ohne Vorbereitung phosphoreſciren. Faſt alle Subſtanzen aus dem Pflanzen- und Thierreiche, nachdem ſie vollkommen getrocknet waren, hatten dieſe Eigenſchaft, und Papier in einem ſehr hohen Grade.

Zu den merkwürdigern Beobachtungen des Beccari [y]), welche er in der Folge mit noch mehrerer Sorgfalt als zum erſtenmale machte, die er auch in einer zweyten Sammlung, einige Jahre nach der Erſcheinung ſeiner erſten Schrift von dieſer Materie, ans Licht ſtellte, gehören dieſe. In ſeinen erſten Verſuchen ward das Gelbe vom Ey, nachdem es vollkommen trocken geworden war, ſehr leicht ein Phosphor, das Weiße vom Ey aber gar nicht. Dieſer Umſtand hatte ihn ſehr verlegen gemacht, wiewohl es doch ſcheint, daß er in der Folge, nach erlangter größerer Fertigkeit im Beobachten, gefunden haben muß, daß es etwas weniges Licht in ſich ziehe, weil er es in ſeinen letzten Ausnahmen nicht mit anführt. Alle Erdarten, ſelbſt die ſchwarze und rothe, womit es ihm zuerſt nicht glücken wollte, nicht ausgenommen, waren phosphoreſcirend. Unter hundert Achaten ward keiner, ausgenommen ein einziger und dazu ſehr ſchwarzer, gefunden, der nicht in einem gewiſſen Grade ein natürlicher

y) *Beccarii* comment. p. 52 ſqq.

cher Phosphor war. Dieſer aber wollte, ſelbſt von einem Brennſpiegel, kein Licht in ſich ziehen. Metallen und Waſſer konnte er nicht den geringſten Grad von Licht mittheilen, ein Umſtand, welcher genauer unterſucht zu werden verdient, weil beyde Körper die Eigenſchaft beſitzen, die Elektricität zu leiten. Ueberdem fand er, daß ſehr wenige Erze phosphoreſcirend ſind; auch Vitriole nicht, als nur in dem allergeringſten Grade. An Oelen fand er zwar dieſe Eigenſchaft, doch nur ſchwach. Die Haut verſchiedener lebendiger Thiere hielten das Licht offenbar an ſich, bisweilen ſeine eigenen Finger. Bey einer ſehr kalten Witterung glänzte ſeine Hand ungewöhnlich ſtark.

Als er die Umſtände näher unterſuchte, welche dem Phosphoreſciren entgegen ſind, fand er, daß, obgleich das Waſſer keinen Glanz einſaugen wollte, dennoch Eis, und beſonders Schnee, es außerordentlich ſtark that. Er machte drey Kuchen von Thon, deren einen er ziemlich hart buck, den zweyten feucht erhielt, und den dritten frieren ließ, worauf er fand, daß der erſte und letzte, beſonders aber der erſte, das Licht in großer Menge in ſich zog.

Auch der deutſche Chemiker Marggraf [z]) beſchäftigte ſich mit dieſem Gegenſtande. Er fand, daß bey der Calcinirung des Bononiſchen Steins die Berührung der brennenden Materien und der freye Zutritt der Luſt nothwendig ſind. Er giebt ein Verzeichniß aller Körper, die er in Deutſchland finden konnte, welche durch die Calcination die Eigenſchaft des Bononiſchen Steins erhalten; und ſchließt aus der mit ihnen vorgenommenen Analyſe, daß ſie alle eine Vitriolſäure, mit einer kalkartigen oder alkaliſchen Erde verbun-

z) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. 1749. p. 56.

bunden, enthalten. Ueberdem fand er ſowohl in dem Bononiſchen Steine, als auch in allen übrigen Körpern, welche mit demſelben gleiche Erſcheinungen beſitzen, beynahe $\frac{1}{6}$ einer Thonerde; bloße Kalkerde mit Vitriolſäuren verbunden gab ein viel ſchwächeres, ganz weißes, dem Mondlichte ähnliches Licht.

Canton [a]) kam auf eine Methode, einen Phosphor zu verfertigen, der unter allen am leichteſten und wohlfeilſten zu bereiten iſt. Man brennt nämlich gemeine Auſterſchaalen in einem ſtarken Kohlenfeuer eine halbe Stunde lang zu Kalk, wovon der reinſte Theil gepülvert und durchgeſiebt wird. Drey Theile von dieſem Pulver und Ein Theil Schwefelblumen werden in einen Schmelztiegel feſt geſtampft, und eine Stunde lang im Feuer rothglühend erhalten. Wenn die Maſſe abgekühlt iſt, ſtößt man ſie heraus, zerbricht ſie, und ſchabt die glänzendſten Stücke zu einem weißen Pulver, das ſich in einer trockenen Glasphiole mit eingeſchliffenem Stöpſel aufbewahren läßt.

Ein wenig von dieſem Phosphor giebt, wenn er gleich in ein dunkeles Zimmer gebracht wird nachdem er vorher ein Paar Sekunden außen vor einem Fenſter in das gewöhnliche Tageslicht gehalten iſt, ſo viel Schein, daß man dabey die Zeit auf einer Uhr erkennen kann, wofern man die Augen vorher zwey oder drey Minuten geſchloſſen gehabt hat, oder im Dunkeln geweſen iſt.

Vermittelſt dieſes Phosphors kann man die Himmelskörper, z. B. den Saturn mit ſeinem Ringe, die Mond-

a) An eaſy method of making a Phoſphorus &c. in Philoſ. Tranſact. Vol. LVIII. überſ. im Hamb. Magazin. B. XI.

Mondsphaſen u. d. g. ſehr wohl darſtellen, wenn man die Figuren derſelben in Holz ausſchneidet, und darauf mit Phosphor überlegt. Dieſe Figuren werden in der Nacht, durch den Bliz von einem nahen Schlage einer elektriſirten Flaſche, eben ſo ſtark leuchtend gemacht, als durch das Tageslicht.

Mit dieſem Phosphor machte Canton viele Verſuche, welche viel zur Erklärung dieſer beſondern Eigenſchaften der Körper beytragen. Durch einige derſelben wird Lemery's Behauptung, daß der Phosphor, wenn er dem Sonnenlichte lange ausgeſetzt bleibt, entkräftet werde, umgeſtoßen. Denn er that in zwey Glaskugeln etwas von dieſem Phosphor, verſchloß ſie hermetiſch, und ſtellte die eine vor ein nach Süden gelegenes Fenſter, daß ſie den Sonnenſtrahlen recht ſtark ausgeſetzt ſeyn möchte, und ließ ſie daſelbſt vom 25ten Dec. 1764 bis zum 25ten Dec. 1765. Die andere Kugel verwahrte er eben ſo lange an einem dunkeln Orte. Nachher trug er beyde in's Licht, darauf in ein dunkeles Zimmer, und der Phosphor ſchien in beyden gleich helle. Canton glaubt daher, daß das, was Lemery dem Sonnenlichte zugeſchrieben hat, durch die Feuchtigkeit der Luſt veranlaßt ſey.

Feuchtigkeit vertrug dieſer Phosphor nicht. Da etwas von demſelben in eine Glaskugel mit ſo viel Waſſer gethan ward, daß es ſich dadurch an die innere Fläche derſelben anhing, und hierauf die Kugel hermetiſch zugeſiegelt ward, ſo fand ſich, daß er ſeine Eigenſchaft, das Licht in ſich zu ziehen und wieder von ſich zu geben, allmählig verlor; im Sommer aber doch geſchwinder, als im Winter, ſo daß man nach dem Ende des erſten Jahres nicht den geringſten Schein daran wahrnehmen konnte, wenn man ihn

ihn ſelbſt aus dem ſtärkſten Tageslichte in ein verfinſtertes Zimmer brachte. Auch die weiße Farbe deſſelben verlor ſich allmählig und verwandelte ſich in eine ſehr ſchwarze, beſonders auf der Seite nach dem Glaſe zu. Etwas von dieſem Phosphor, das man mit gemeinem Weingeiſt an die inwendige Fläche einer hermetiſch verſchloſſenen Glaskugel anklebend gemacht hatte, fand man nach Verlaufe eines Jahres ein wenig geſchwächt; aber denjenigen, den man mit Aethergeiſte anklebend gemacht hatte, fand man ganz ungeändert.

Die Berührung des Weingeiſtes that dem Phosphor mehr Schaden, als die des Aethers; denn da er ein wenig Phosphor mit viel Weingeiſt vermiſcht in eine Glaskugel und mit Aether in eine andere gethan, und beyde hermetiſch ſigillirt hatte, ſo ſahen beyde Flüſſigkeiten, wenn die Glaskugeln geſchüttelt wurden, wie Milch aus; doch ſetzte ſich der Phosphor, wenn man mit der Bewegung aufhörte, bald auf den Grund, und der Weingeiſt ſowohl als der Aether wurden wieder klar. Nach einigen Monaten hatte ſich der Weingeiſt gelb gefärbt, der Aether aber blieb unverändert bis zum December 1768, da dieſe Nachricht der königlichen Geſellſchaft vorgeleſen ward. Wurden die Kugeln dem Lichte ausgeſetzt und dabey geſchüttelt, ſo leuchtete die Flüſſigkeit in jeder, nachdem man ſie in's Dunkle gebracht hatte, und zwar der Aether eben ſo ſtark, als zuerſt, der Weingeiſt aber etwas weniger.

Die Hitze ſcheint gleichſam das Licht, welches in dieſen Phosphoren noch zurück geblieben iſt, vollends auszutreiben.

Menzel, welcher gleich nach der Erfindung des Balduinſchen Phosphors ſchrieb, verglich ihn mit dem Bononiſchen, und behauptete, daß er die Eigenſchaft habe, bloß durch die Hitze leuchtend zu werden; auch du Fay beobachtete, wie bereits angeführt worden, daß ſein Diamant noch leuchtete, nachdem er lange Zeit in ſchwarzem Wachſe eingehüllt geweſen war. Den Grund hievon entdeckten Beccari, Marggraf und Canton, ohne etwas von einander zu wiſſen.

Beccari, welcher ſich, wie du Fay, Mühe gab, das Licht in ſeinem phosphoreſcirenden Diamant gefangen zu halten, bemerkte zufälliger Weiſe, daß das darin enthaltene Licht durch die Hitze heraus getrieben würde, beſonders wenn der Stein vorher ſehr erkältet geworden war. Er ließ einen erleuchteten Diamant zwey Tage in kaltem Waſſer liegen, und fand, als er ihn darauf in den Mund nahm, daß er dadurch wieder eben ſo gut glänzte, als damals, da er in's Waſſer gelegt ward. Gleich darauf tauchte er ihn wieder in's Waſſer, und ſein Licht erloſch; es kehrte wieder, da er noch einmal den Stein in den Mund nahm, und ihn erwärmte. Dieſen Verſuch wiederholte er ſo vielmal, bis kein Licht weiter entſtehen wollte, ſo ſehr er auch den Diamant erhitzen mochte. Zuerſt glaubte Beccari mit Menzel'n, daß dieſes Licht durch die Hitze hervorgebracht würde. Weil er aber durch mehrere Verſuche fand, daß, ohne den Phosphor in's Licht gehalten zu haben, die Hitze keine Wirkung that, und daß durch die Hitze die Phosphoren viel mehr zu glänzen aufhörten, als ſie ſonſt würden gethan haben, ſo gab er dieſe Meynung auf. Unter andern entſcheidenden Verſuchen füllte er eine Glas-

röhre

röhre mit geſtoßenem Bononiſchen Phosphor, ſetzte ſie dem Lichte aus, hielt ſie darauf zur Hälfte in warmes Waſſer, und beobachtete, daß dieſe Hälfte ſtärker glänzte, als derjenige Theil, welcher in freyer Luft war; wogegen aber dieſer letztere noch lange Zeit ſeinen Glanz behielt, nachdem der in's Waſſer getauchte Theil ihn ſchon lange verlohren hatte [b]).

Dieſelbe Beobachtung machte auch Marggraf [c]), verfiel aber dabey in denſelben Irrthum mit Beccari, daß er meinte, durch Hitze könne der Phosphor leuchtend gemacht werden. Doch verbeſſerte er dieſen ſeinen Irrthum in einem ſpätern Aufſatze [d]), weil er wahrnahm, daß der Phosphor nicht zum Leuchten gebracht werden konnte, ungeachtet er ihn auf einen heißen Ofen gelegt hatte, wofern er nicht vorher zwey bis drey Tage in's Licht gebracht worden war. Ueberhaupt iſt es ihm wahrſcheinlich, daß das Licht durch die Anziehung in den Phosphor komme, und durch die Hitze wieder herausgetrieben werde; denn er bemerkte auch, daß das Licht deſſelben, wenn er lange auf dem heißen Ofen gelaſſen wird, ſich am Ende gänzlich verliert.

Canton [e]) ſcheint von Beccari's und Marggraf's Beobachtungen nichts gewußt zu haben, da er dieſelbe Entdeckung mit ihnen machte. Die ſeinige iſt zwar ſpäter; aber weil ſeine Verſuche umſtändlicher, und mit einer beſſern Art Phosphor angeſtellt ſind, ſo iſt es der Mühe werth, ſie ausführlich zu erzählen. Aus vielen Verſuchen mit ſeinem Phosphor fand

b) Comment. Bonon. Vol. II. p. 284.

c) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. 1749. p. 70.

d) Ibid. 1750. p. 160.

e) Philoſ. Tranſact. Vol. LVIII. p. 340.

fand er, daß er, wenn er das Licht in ſich geſogen und alles wieder von ſich gegeben hatte, noch mehr Licht von ſich gäbe, wenn man ihn auf irgend eine Art erhitzte; daß er aber bey demſelben fortdauernden Grade der Hitze nur eine gewiſſe Zeitlang zu glänzen im Stande wäre. Daraus folgert er, daß das Licht und die Theilchen der natürlichen Körper ſich einander ſehr ſtark anziehen, und daß die ſtarken von der Hitze ihnen mitgetheilten Schwingungen ſie gleichſam nöthigen, ſich einander los zu laſſen. Daß das Licht, welches dieſer Phosphor giebt, wenn er bis zu einem gewiſſen Grade erhitzt wird, von fremden aufgenommenen Theilchen, die er wieder fortſtößt, und nicht von ſeinen eigenen herrühren, folgert er daher, weil das Licht abnimmt und gänzlich aufhört, noch ehe der Phosphor heiß genug wird, um von ſelbſt zu ſcheinen, oder Lichttheilchen aus ſeinem eigenen Körper zu ſenden.

Er hielt ſeinen Phosphor, den er trocken in eine hermetiſch verſchloſſene Glaskugel gethan hatte, gegen das Tageslicht außen vor einem nach Norden gelegenen Fenſter etwa eine halbe Minute lang, verwahrte ihn im Dunkeln etwa $2\frac{1}{2}$ Tage, worauf er leuchtete, als man die Kugel in ein Gefäß mit kochendem Waſſer tauchte. Den folgenden Morgen ward er wieder gegen das Licht gehalten, und gab, nachdem er $4\frac{1}{2}$ Tage im Dunkeln aufbewahrt war und darauf in kochendes Waſſer gebracht ward, zwar Licht von ſich, aber nicht ſo viel, wie vorher. Im Sommer fand er, daß die Hitze des kochenden Waſſers den Phosphor nach 15 Tagen nicht mehr zum Leuchten bringen konnte, dagegen ſich im Winter noch nach einem Monate einiges Licht zeigte.

Es wurden Stücke Phosphor, in zwey ſolche Glaskugeln gethan, zu gleicher Zeit auf denſelben Grad erleuchtet, und darauf in ein dunkeles Zimmer gebracht, wo eine von den beyden Kugeln ſogleich in kochendes Waſſer getaucht wurde. Der hierin enthaltene Phosphor ward dadurch viel heller, als der in der andern Kugel, und blieb es eine kurze Zeit, verlor aber ſein Licht ſo geſchwind, daß er in weniger als 10 Minuten gar nicht mehr leuchtete. Dagegen behielt der andere Phosphor ein ziemlich ſtarkes Licht, und blieb länger als 2 Stunden nachher noch ſichtbar; alsdenn aber konnte man noch bloß durch die Wärme der Hand ſein Licht merklich vermehren.

Nach Lemery und Muſſchenbroek ſoll der Bononiſche Phosphor weniger Licht einſaugen, wenn er heiß, als wenn er kalt iſt, weil er alsdenn in ein dunkeles Zimmer gebracht nicht ſo helle ſcheint. Canton bemerkt aber, daß dieß daher rühren könne, weil er in dem erſtern Zuſtande das eingeſogene Licht geſchwinder fahren läßt, als in dem andern. Denn er müſſe während der Zeit, daß er von dem Orte, wo er das Licht in ſich geſogen, an einen zur Beobachtung hinlänglich dunkeln Ort gebracht wird, mehr Licht verlieren, wenn er heiß, als wenn er kalt iſt. Auch ſey dieß vermuthlich die Urſache, warum der Bononiſche Phosphor nie ſo helle ſcheine, wenn er von den gerade auffallenden Strahlen der Sonne erleuchtet und folglich erwärmt wird, als wenn er bloß in einem ſchattigen offenen Orte dem gewöhnlichen Tageslichte ausgeſetzt geweſen iſt. Die beyden Kugeln dieſes Verſuchs wurden nachher 2 Tage lang im Dunkeln aufbewahrt, und darauf jede in einem dunkeln Zimmer zugleich in kochendes Waſſer gehalten; worauf

auf der Phosphor, welcher das erſtemal ſein Licht in dem kochenden Waſſer verloren hatte, nicht mehr leuchtete, der andere aber dieß noch eine ziemliche Zeit that.

Wenn der Phosphor von dem in ſich gezogenen Lichte ſo viel verloren hatte, als durch die Hitze des kochenden Waſſers ausgetrieben werden konnte, ſo wollte er nachher bey dieſem Grade der Hitze nie wieder leuchten. Ward er aber wieder in das gewöhnliche Tageslicht gehalten, ſo ließ ſich der Verſuch mit demſelben Erfolge wie vorher wiederholen. Dieß hat Canton mit einigen trockenen Phosphoren, welche in gläſernen zugeſchmolzenen Kugeln verwahrt waren, oft gethan, ohne daß es ihnen im geringſten geſchadet hätte.

Man mache das eine Ende einer eiſernen etwa 1 Zoll im Quadrate dicken Stange glühend heiß, lege ſie in einem dunkeln Zimmer horizontal hin, und laſſe ſie abkühlen, ſo lange, bis ſie zu ſcheinen aufhört oder kaum mehr ſichtbar iſt. Alsdenn bringe man ein wenig trockenen Phosphor, der in einer zugeſchmolzenen Kugel dem Lichte ausgeſetzt geweſen iſt, ſo nahe an das Eiſen als möglich, daß die Kugel es berührt; ſo wird der Phosphor, wie er ſagt, wenn er auch gleich vorher nicht ſichtbar war, doch in wenig Sekunden zu leuchten anfangen, und ſein Licht ſo geſchwind von ſich geben, daß er in weniger als Eine Minute völlig erſchöpft iſt, und durch dieſes Verfahren nicht mehr leuchtend gemacht werden kann, wenn er nicht vorher wieder dem Lichte ausgeſetzt wird. Auch wird durch dieſe Hitze Licht, welches der Phosphor von einer Lichtflamme, oder ſelbſt vom Monde erhalten hat, einige Tage nachher noch ſichtbar ſeyn; und wenn er durch die Hitze des kochenden Waſſers nicht mehr zum Leuchten gebracht werden konnte,

te, ſo brachte ihn die Hitze des Eiſens dazu. Durch dieſe gab auch noch Phosphor, welcher länger als 6 Monate im Dunkeln aufbewahrt war, eine beträchtliche Lichtmenge von ſich.

Aus einigen Verſuchen, bey welchen die Farbe und der innere Bau einiger Körper verändert wird, wenn ſie dem Lichte ausgeſetzt waren, ſcheint die Körperlichkeit des Lichts zu erhellen. Die erſte Beobachtung dieſer Art ſcheint du Hamel gemacht zu haben. Dieſer fand nämlich, daß der Saft eines gewiſſen Schalfiſches in der Provence eine ſchöne Purpurfarbe annahm, wenn er in das Sonnenlicht gehalten ward, und daß die Farbe deſto lebhafter ward, je größere Intenſität das Licht hatte. Stücke Zeugs, welche in dieſe Flüſſigkeit getaucht und in die Sonne gelegt waren, wurden roth, wenn man ſie gleich in einem Glaſe eingeſchloſſen hatte; aber ſie wurden in demſelben Lichte nicht roth, wenn ſie mit dem dünnſten metallenen Bleche bedeckt waren. Ward die Feuchtigkeit in gläſerne Gefäße, die mit geöltem Papiere bedeckt waren, gethan, ſo ward ſie gefärbt, beſonders wenn das Papier ſelbſt eine violette Farbe hatte; ſie blieb ohne Farbe, wenn das Papier trocken gelaſſen war.

Nachher beobachtete auch Beccari f), daß eine Maſſe Hornſilber, welche in die Sonnenſtrahlen gelegt ward, eine violette Farbe annahm, da eine andere ganz gleichartige Maſſe, die mit ſchwarzem Papier bedeckt war, weiß blieb.

Beccari ſcheint nicht gewußt zu haben, welcher Beſtandtheil in dieſer Maſſe die Veränderung ver-

f) Comment. Bonon. Vol. IV. p. 75.

urſacht habe; einige Beobachtungen von Schulze [g]) aber beweiſen, daß es das Silber geweſen ſeyn müſſe. Dieſer hatte nämlich Scheidewaſſer, worin etwas ſehr weniges Silber aufgelöſt war, auf etwas Kreide, um den Balduin'ſchen Phosphor zu machen, gegoſſen, und zufälliger Weiſe dieſe Arbeit an einem Fenſter, in welches die Sonne ſtark hinein ſchien, vorgenommen. Zu ſeiner Verwunderung veränderte ſich die Farbe der Oberfläche der Maſſe in eine in's violet fallende dunkelrothe, während der im Schatten liegende Theil dieſe Farbe gar nicht annahm. Hierauf brachte er die Maſſe, mit noch mehr Scheidewaſſer angefeuchtet, in ein Glas, ſetzte dieß in das Sonnenlicht, und fand, daß es auf der nach der Sonne gerichteten Seite gleichfalls eine dunkelrothe in's Blaue fallende Farbe annahm. Aus verſchiedenen Veränderungen, die er mit dieſem Verſuche vornahm, fand er ſogleich, daß dieſe Wirkung nicht von der Hitze, ſondern vom Lichte entſtand. Denn, als er einen feinen Faden an dem Glaſe, nach der Seite der Sonne, herunter zog, ward die Farbe der von dem Faden bedeckten Stelle nicht verändert, ungeachtet das Glas einige Stunden in der ſtärkſten Sonnenhitze geſtanden hatte. Er bedeckte das ganze Glas mit Papier, auf welchem er Buchſtaben ausgeſchnitten hatte, worauf in kurzer Zeit die Schrift, nachdem das Papier weggenommen war, auf dem kreidigten Bodenſatze deutlich zu leſen war. Dieſes, ſagt er, war ein artiger Verſuch, den manche, die den Kunſtgriff nicht wußten, vergebens zu erklären verſuchten.

Die Urſache dieſer Erſcheinung liegt, wie er bemerkte, weder an dem Scheidewaſſer, noch an der Krei-

g) Acta Academ. Caeſar. Vol. I. p. 528. ſqq.

Kreide, ſondern an dem wenigen Silber, das in dem Scheidewaſſer von ohngefähr aufgelöſt geweſen war. Denn als er den ſtärkſten Salpetergeiſt und das gewöhnliche Scheidewaſſer brauchte, erfolgte keine Veränderung der Farbe. Als er aber etwas Silber in dem Scheidewaſſer auflöſete, und die Auflöſung mit Waſſer ſchwächte und ſie auf die Kreide goß, ſo fiel die Veränderung weit mehr in die Augen, und deſto mehr, je mehr Silber er genommen hatte. Er fand auch, daß dieſe Solution ohne Kreide in einem offenen Gefäße von dem Sonnenlichte eine ſchwärzliche Farbe annahm. Anſtatt der Kreide könne man auch, meint er, einen andern weißen Körper, z. B. gebranntes Hirſchhorn, Magneſia u. d. g. gebrauchen. Auch mit Bleyweiß gelang es ihm, welches aber ſeine Unbequemlichkeiten hatte. Zuletzt erinnert er, daß man hievon vielleicht Gebrauch zur Probirung der Erze auf Silber machen könne.

Die Beobachtung des du Hamel, und die, welche Beccari ſelbſt von der Veränderung der Farbe an dem Hornſilber gemacht hatte, brachten den letztern in einer Unterredung, welche er mit einigen Mitgliedern der Bononiſchen Akademie von der Aufbewahrung der Blumen hatte, auf den Gedanken, ihnen eine Vorſichtsregel, in Abſicht auf das Licht, bey ihren Verſuchen zu empfehlen. Dieſem zu Folge machte G. Bonzi [h]) einige Verſuche, welche ziemlich deutlich zu beweiſen ſcheinen, daß manche Farben von dem Lichte, ohne daß Hitze oder ſonſt etwas ſich darin miſche, beträchtlich verändert werden. Wie er eine Anzahl verſchiedentlich gefärbter Bänder einige Tage lang

h) Comment. Bonon. Vol. VI. p. 77. ſqq.

lang den Sonnenſtrahlen in freyer Luft ausgeſetzt hatte, fand er, daß das rothe, dunkelgrüne und blaue ihren Glanz zum Theil verloren hatten; daß das violette ſo ſehr verbleicht war, daß es nicht mehr zu erkennen geweſen wäre, wenn man es vorher nicht bezeichnet gehabt hätte. Das roſenfarbige war auch faſt verſchwunden, allein das gelbe und hellgrüne hatten nicht gelitten.

Er brachte Stücke von denſelben Bändern in einem dunkeln Zimmer in eine weit größere Hitze, als jene geweſen war; die Farben aber veränderten ſich nicht, und verloren nur etwas von ihrem Glanze. Auch litten ſie keine merkliche Veränderung, da man ſie eine lange Zeit in einem gegen Norden gelegenen Zimmer hatte liegen laſſen, außer daß die Roſenfarbe matter geworden war.

Daß die Luft zu dieſer Veränderung der Farbe nichts beytrug, ward daraus klar, daß ſie in einem luftleeren Recipienten eben ſo gut vor ſich ging, wie vorher, wenn man ihn gegen die Lichtſtrahlen ſtellte. Allein durch das Licht von Fackeln, wenn er es auch durch ſehr breite Linſengläſer in einen Brennpunkt vereinigte, konnte er keine Veränderung bewirken, welches er der Schwäche dieſes Lichts zuſchrieb.

Einige muthmaßten, daß die Sonnenſtrahlen diejenigen Theilchen der Körper, von welchen die Farben abhangen, zerſtreuen möchten. Allein Bonzi bemerkte, daß, wenn er ſeine Bänder auf weißes Papier gegen das Licht legte, die Farben auf beyden Seiten verbleichten, ohne daß man auf den Stellen, wo ſie gelegen hatten, etwas finden konnte.

Bec-

Beccari [i]) ſelbſt muthmaßte, daß viele andere Veränderungen in dem innern Bau der Körper durch das Sonnenlicht möchten hervorgebracht werden, und glaubte mit Gewißheit, daß manche Körper, welche die Eigenſchaft beſitzen, das Licht in ſich zu ziehen, von dem Sonnenlichte in dieſer Abſicht vielen Schaden litten. Er fand, daß Papier, nachdem es erſt ſehr heiß und nachher wieder kalt geworden war, einen ſchönen Phosphor dieſer Art abgab, welcher aber, gegen ſeine erſte Muthmaßung, durch die Ausſtellung an das Licht ſehr geſchwächt ward. Er hatte ein Blatt Papier zum Theil bedeckt, zum Theil unbedeckt, nur wenige Stunden in das Sonnenlicht gelegt, hielt darauf das ganze Blatt ſehr kurze Zeit gegen das Licht, damit es beyde Theile einziehen ſollten, und nun leuchtete der bedeckt geweſene Theil im Dunkeln ſehr helle, da der andere kaum zu erkennen war. Dieſer Unterſchied hatte nicht ſeinen Grund in der Hitze, welche letzterer von dem Sonnenlichte erhalten hatte. Denn als er bey einem andern Blatte Papier zur Bedeckung des einen Theils ſchwarzes Seidenzeug brauchte, wodurch es heißer, als der unbedeckte Theil ward, ſo blieb der Erfolg des Verſuchs noch derſelbe.

Das nämliche zeigte ſich auch bey jedem andern Phosphor, welchen er dazu gebrauchte; zu dieſem Zwecke machte er mit vielen Subſtanzen aus allen drey Naturreichen Verſuche. Je ſtärker das Licht war, und je länger ſie demſelben ausgeſetzt blieben, deſto mehr litten ſie dadurch. Eine Stunde machte ſchon einen beträchtlichen Unterſchied, und es war weit weniger Zeit dazu nöthig, wenn die Strahlen durch einen

i) Comment. Bonon. Vol. VI. p. 81. ſqq.

nen Brennſpiegel in einen Brennpunkt vereinigt wurden. Als er zwey Blätter Papier von mäßiger Dicke über einander legte, ward bloß das obere angegriffen; als er aber drey Blätter von einer feinern Art nahm, wurden die beyden oberen, aber nicht das untere, angegriffen.

Der Schade, welchen die Phosphoren von der Ausſtellung gegen das Sonnenlicht erlitten hatten, verlor ſich nicht mit der Zeit. Einen bewahrte er ein ganzes Jahr hindurch in einem dunkeln Zimmer; jedoch ſo, daß er von der Luft getroffen werden konnte, und er erhielt ſeine vorige Kraft nicht wieder. Er wuſch und trocknete ihn, und beräucherte ihn auf alle nur mögliche Arten; allein er konnte ihn, er mochte es anfangen wie er wollte, nicht wieder zurecht bringen, ob er gleich vorher, vor der Ausſetzung an das Sonnenlicht, ein ſehr ſchöner Phosphor geweſen war. Beccari wunderte ſich darüber, weil ſonſt ein Phosphor, der durch die Hitze gelitten hatte, durch die Kälte wieder in den vorigen Zuſtand verſetzt wird; oder wenn er durch Feuchtigkeit verdorben iſt, ſeine Kraft ſogleich, wenn er vollkommen trocken geworden iſt, wieder erhält.

Auf das Leuchten der ſo genannten Pholaden (Th. III. S. 190.) wurden die Bononiſchen Akademiſten im Jahre 1724 aufmerkſam, da der Graf Marſigli eine Parthie dieſer Thiere nebſt dem Geſteine, worin ſie angetroffen werden, nach Bologna brachte, um ſie der Akademie zur Unterſuchung zu übergeben. Beccari[k]) fand, daß dieſes Thier zwar zu leuchten aufhöre, wenn es in Fäulniß übergehe, daß es aber, ſo faul es auch immer geworden ſeyn möge, zu

k) Comment. Bonon. Vol. II. p. 232.

zu leuchten anfange und das Waſſer, in welchem es ſich befinde, helle mache, wenn man es mit demſelben ſchüttele. Galeati und Monti [l]) beobachteten, daß Wein und Weineſſig dem Leuchten ein Ende machten, daß es in gewöhnlichem Oele einige Tage fortdauerte, aber in gereinigtem Weingeiſte oder Urin ſich kaum Eine Minute erhielt.

Um auch zu beobachten, auf welche Art ſich dieſes Licht bey verſchiedenen Wärmegraden verändere, nahmen ſie ein Reaumür'ſches Thermometer, und fanden, daß das Waſſer, welches durch dieſe Thiere zum Leuchten gebracht war, an Helligkeit zunahm, bis daß die Hitze auf 45 Grad ſtieg, worauf aber das Leuchten plötzlich aufhörte, und nicht wieder hergeſtellt werden konnte.

Beccari [m]) goß nicht allein eine Seeſalzſolution, ſondern auch eine Auflöſung von Salpeter zu dem leuchtenden Waſſer; die erſtere verſtärkte das Leuchten, die andere nicht ſo ſehr, Salmiak verminderte es ein wenig, zerfloſſenes Weinſteinſalz hob es beynahe gänzlich auf, und Säuren benahmen es völlig. Dagegen wurde dieſes Waſſer noch leuchtender, wenn es auf friſch calcinirten Gyps, Bergkryſtall, Bleyweiß oder Zucker gegoſſen ward. Als er hernach leuchtende Milch anwand, fand er, daß ihr Licht durch Vitriolöl vertrieben, aber durch Weinſteinſalz verſtärkt ward.

Auch kam er auf den Gedanken, zu verſuchen, was für Wirkung dieſe Art Licht auf Körper von verſchiedenen Farben haben würde. Deßwegen tauchte er in

l) Comment. Bonon. Vol. II. p. 254.

m) Ibid. p. 257. ſqq.

in Waſſer, das durch Fiſche leuchtend gemacht worden war, Bänder von allerhand Farben, und der Erfolg war, daß das weiße am hellſten ausfiel, das gelbe dieſem am nächſten kam, worauf das grüne folgte; die andern Farben waren faſt gar nicht kenntlich. In dieſem Falle ſahe man aber nicht ſowohl eine beſondere Farbe, ſondern bloß Licht. Darauf tauchte er auch Breter von allerhand Farben, auch Glasröhren, welche verſchiedentlich gefärbte Materien enthielten, in das Waſſer. Auf beyderley Art war das Rothe faſt nicht zu erkennen, Gelb ſchien am hellſten, Violet am trübſten, doch kam auf den Bretern das Blaue dem Gelben faſt gleich, und das Grüne war matter; dagegen mit den Glasröhren das Blaue ſchwächer am Lichte war als das Grüne.

Unter allen Flüſſigkeiten, in welche er die Pholaden brachte, ward Milch am leuchtendſten gemacht. Eine einzige Pholas ertheilte ſieben Unzen Milch einen ſolchen Glanz, daß man dadurch die Geſichter der Umſtehenden zu unterſcheiden im Stande war. Sie ſah wie durchſichtig aus.

Zur Erzeugung dieſes Lichts ſchien die Luft nothwendig zu ſeyn. Denn als Beccari leuchtende Milch in Glasröhren goß, konnte er ſie durch kein Schütteln zum Leuchten bringen, wenn nicht Luftblaſen mit ihr vermiſcht waren. Auch Monti und Galeati bemerkten, daß unter einem luftleeren Recipienten die Pholaden ihr Leuchten verlohren, wiewohl Waſſer bisweilen leuchtend blieb; ein Umſtand, den ſie dem Aufſteigen von Luftblaſen aus dem Waſſer zuſchrieben.

Beccari ſowohl als Reaumür verſuchten auf allerhand Art, der Vergänglichkeit des Leuchtens die-

dieſer Pholaden abzuhelfen. Zu dem Ende knetete jener den Saft dieſes Thieres mit feinem Weizenmehle zu einem Teige, und fand, daß dieſer Fiſch in warmes Waſſer getaucht Licht von ſich gab; am beſten gelang es, wenn er in Honig aufbewahrt ward. Auf jede andere Art wollte ſich das Leuchten nicht länger als ein halbes Jahr erhalten laſſen, aber mit Honig ließ es ſich ein ganzes Jahr erhalten, und ſelbſt alsdenn leuchtete die Maſſe, wenn ſie in warmes Waſſer getaucht war, noch ſo gut, wie nur je vorher.

Ueber das Leuchten der Seefiſche hatte bereits Martin [n]) eine Menge von Verſuchen angeſtellt, ehe er fand, daß man ihm in dieſer Unterſuchung ſchon lange zuvor gekommen war. Manche ſeiner Beobachtungen aber ſind neu und verdienen angeführt zu werden. Allen Seefiſchen glaubte er die Eigenſchaft des Leuchtens zuſchreiben, und den Fiſchen aus inländiſchen Gewäſſern ſie abſprechen zu können. Die Farbe der Fiſche that nicht viel zur Sache, doch fand er, daß weiße Fiſche, beſonders die mit weißen Schuppen, am beſten glänzten. Die Beſprengung mit Salz, oder eine gelinde Erwärmung vergrößerten das Leuchten, welches aber bey ſtärkerm Feuer verſchwand. Dieſes ſtimmt mit andern von ihm angeſtellten Beobachtungen überein: daß die Fiſche ſo lange leuchten, als noch etwas Feuchtigkeit an ihnen bleibt, und daß dieſe Feuchtigkeit höchſt flüchtig iſt. Denn da er die leuchtende Materie mit einem Meſſer vom Blackfiſche abnahm, verſchwand ihr Glanz, ſobald ſie nur im geringſten der Wärme eines brennenden Lichts genähert wurde, obgleich noch eine klebrichte, braune, ölichte Feuch-

n) Schwed. Abhandl. B. XXIII. S. 225.

Feuchtigkeit zurückblieb, die im Feuer gebrannt ſich in Blaſen auflößte. Fleiſch von Vögeln und Thieren leuchtet zwar, ſagt er, aber nicht ſo lebhaft, wie das von den Fiſchen. An einem Orte, wo eine Leiche 14 Tage lang ſtand, habe er eine beſondere graue Feuchtigkeit bemerkt, welche ſich wie ein Dampf an der Kammer allenthalben angeſetzt habe und ſchwer abzubringen geweſen ſey; vermuthlich, ſagt er, würde er daſelbſt Wände und Dach leuchtend gefunden haben. Hieraus könne man auch den Glanz erklären, den man in den Gräbern der Alten geſehen, und für ewige Lampen gehalten habe.

Was das Leuchten der See betrifft, ſo hat ſich der Abt Nollet o) bey ſeinem Aufenthalte in Venedig im Jahr 1749 außerordentliche Mühe gegeben, die Urſache deſſelben zu erforſchen. Endlich glaubte er dieſelbe in einem gewiſſen leuchtenden Inſekte zu finden, welches er auch umſtändlich beſchreibt.

Auf dieſelbe Vermuthung war ſchon vorher Vianelli p) gekommen, welcher nebſt Grizenelli q) Zeichnungen der Inſekten, welchen ſie das Leuchten zuſchrieben, bekannt gemacht haben.

Nollet ward in ſeiner Meynung durch eine Beobachtung beſtärkt, welche er einige Zeit nachher von der Bewegung einiger leuchtender Theilchen in der See machte. Als er in dem Hafen zu Porto fino das Seewaſſer leuchtend fand, legte er ſich am Ufer mit dem Bauche auf die Erde, und ſtreckte ſeinen Kopf über

o) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris 1750.

p) Nuove ſcoperte intorno le luci notturne dell' acqua marina etc.

q) Nouvelles obſervations ſur la ſcolopendre marine.

über die Oberfläche der See hinaus, worauf er dieſe Theilchen von dem mit Seegraſe bewachſenen Boden bis ganz herauf auf eben die Art ſpringen ſah, wie es Inſekten zu thun pflegen. Allein, wenn er ſie haſchen wollte, fand er bloß leuchtende Flecke auf ſeinem Schnupftuche, welche durch den Druck ſeiner Finger breiter wurden.

Le Roi [r]), welcher gleich nachher, als Nollet dieſe Beobachtungen gemacht hatte, eine Reiſe auf dem mittelländiſchen Meere unternahm, bemerkte, daß das Vordertheil des Schiffs im Seegeln bey Tage eine Menge kleiner Theilchen in die Höhe warf, welche im Zurückfallen ein Paar Sekunden lang auf der Oberfläche der See hinrollten, ehe ſie ſich damit vermiſchten; und eben dieſe Theilchen ſchienen, wie er vermuthete, bey Nacht feurig. Auf dem Waſſer, welches er aus der See ſchöpfen ließ, zeigten ſich dieſelben Funken, wenn es in Bewegung geſetzt ward; aber hier ereignete ſich das nämliche, was ſchon D. Beal wahrgenommen hatte, daß jede folgende Bewegung des Waſſers weniger Licht hervorbrachte, als die vorhergehende, wofern man es nicht einige Zeit hatte ruhen laſſen, in welchem Falle eine neue Bewegung es faſt eben ſo glänzend machte, wie zu allererſt. Er fand, daß dieſes Waſſer die Eigenſchaft, durch Bewegung leuchtend zu werden, einen bis zwey Tage behielt, ſie aber ſogleich verlohr, wenn es an das Feuer geſetzt ward, ungeachtet es nicht zum Kochen kam. Nach genauer Unterſuchung dieſer Erſcheinung war er gar nicht geneigt, ſie irgend einigen leuchtenden Inſekten zuzuſchreiben, beſonders weil er die mit ſeinem

r) Mémoir. preſentés. Vol. III. p. 144.

nem Schnupftuche aufgefangenen leuchtenden Punkte rund wie große Stecknadelknöpfe fand, ohne einige Merkmale, daß es Thiere ſeyn könnten, ſo genau er ſie auch durch das Vergrößerungsglas betrachtete. Auch fand er, daß ein wenig Weingeiſt zu friſch geſchöpftem Seewaſſer gegoſſen darauf eine große Menge kleiner Funken hervorzubringen im Stande war, die noch länger als die auf der See befindlichen ſichtbar blieben. Alle Säuren, wie auch manche andere Flüſſigkeiten, thaten dieſelben Wirkungen, obgleich nicht ſo merklich; allein keine neue Bewegung konnte bey dieſem Verfahren den Glanz wieder herſtellen. Indeſſen läugnet le Roi nicht, daß es leuchtende Inſekten in der See gebe. Er geſteht ein, daß der Abt Nollet und Vianelli dergleichen wirklich fanden, behauptet aber, daß die eigentliche Urſache des Leuchtens der See in etwas anderm liegen müſſe, wiewohl er nicht einmal muthmaßlich etwas davon angiebt.

Noch nähere Unterſuchungen über das Leuchten des Seewaſſers ſtellte Canton [s]) an. Er legte im Jahr 1768 des Abends einen kleinen friſchen Weißfiſch in ein Stübchen Seewaſſer, in eine etwa 14 Zoll weite Pfanne, und bemerkte, daß weder der Fiſch noch das Waſſer durch Bewegung leuchtend ward. Ein Fahrenh. Thermometer ſtand in dem Keller, wo die Pfanne hingeſetzt ward, auf 54 Grad. Die folgende Nacht darauf war derjenige Theil des Fiſches, welcher mit der Oberfläche des Waſſers gleich lag, leuchtend, das Waſſer ſelbſt war dunkel. Mit dem Ende eines Steckens fuhr er durch das Waſſer, worauf es längſt dem Wege, welchen der Stecken nahm, leuchtend ward, aber nirgend anders. Allein, als er

s) Philoſ. Transact. Vol. LIX. p. 446 ſqq.

er alles Waſſer umrührte, ward es durchgehends leuchtend, und ſahe wie Milch aus, ſo daß die Seiten der Pfanne davon leuchtend wurden, und in dieſem Zuſtande blieb es noch eine Weile, nachdem es wieder ruhig geworden war. Am hellſten war das Waſſer, nachdem der Fiſch etwa 48 Stunden darin gelegen hatte, es wollte aber nach drey Tagen nicht mehr leuchten, wenn man es gleich umrührte.

Hierauf goß er ein Stübchen ſüßes Waſſer in eine Pfanne, und eben ſo viel Seewaſſer in eine andere, und that in jede einen friſchen Hering etwa 6 Loth ſchwer. In der folgenden Nacht war die ganze Oberfläche des Seewaſſers helle, ohne daß es umgerührt zu werden brauchte, leuchtete aber nach dem Umrühren weit mehr; imgleichen war der Obertheil des Herings, welcher ziemlich tief unter der Fläche des Waſſers lag, ſehr glänzend; allein das ſüße Waſſer und der darin befindliche Hering waren ganz dunkel. Auf der Oberfläche des See-Waſſers zeigten ſich hin und wieder einige ſehr helle Tüpfelchen, und ſie ſchien bey dem Scheine einer Lichtflamme über und über mit einem ſchmierigten Schaume bedeckt zu ſeyn. In der dritten Nacht war das Licht des Seewaſſers, wenn es ſtille geſtanden hatte, ſehr wenig oder gar nicht geringer als zuvor; aber durch das Umrühren ward es ſo ſtark, daß man die Zeit auf einer Uhr erkennen konnte, und der Fiſch in demſelben ſchien wie ein dunkler Körper. Hierauf nahm das Leuchten augenſcheinlich ab, verſchwand aber nicht eher, als nach der ſiebenten Nacht. Das ſüße Waſſer mit dem Fiſche darin blieb dieſe ganze Zeit über völlig dunkel. Das Thermometer war faſt immer über 60 Grad.

Nun

Nun nahm er auch ſtatt des Seewaſſers anderes, worin er ſo viel Seeſalz aufgelößt hatte, daß es nach der Salzprobe gleiches ſpecifiſches Gewicht mit dem Seewaſſer erhielt, zugleich ſchüttelte er auch zwey Pfund Salz in ein Stübchen anderes Waſſer, und legte ſowohl in dieſes, als in jenes, einen kleinen friſchen Hering. Den folgenden Abend war die ganze Fläche des künſtlichen Seewaſſers leuchtend, ohne daß es umgerührt ward, und leuchtete noch beſſer, wenn dieſes geſchah. In allem verhielt es ſich genau ſo wie das wahre Seewaſſer; aber das andere Waſſer, daß beynahe ſo ſalzig als möglich war, wollte gar nicht leuchten. Der Hering, welcher aus dieſem den ſiebenten Abend genommen, und von dem Salze ausgewaſchen wurde, war derb und ſüß; der Hering aus dem erſten war weich und faulicht, und dieß noch mehr als ein anderer, der eben ſo lange in ſüßem Waſſer aufbehalten war. Wird ein Hering, bey warmem Wetter, in zehn Stübchen künſtlichen Seewaſſers ſtatt Eines Stübchens gelegt, ſo wird das Waſſer, wie Canton gefunden, noch immer leuchtend, nur nicht ſo ſtark wie ſonſt, gefunden werden.

Aus dieſen Verſuchen ſchloß Canton, daß das Leuchten des Seewaſſers von ſchleimigen und andern faulenden Materien in der See herrühre. Und da diejenige Menge Salz, welche gerade die Fäulniß am meiſten befördert, geringer iſt, als die im Seewaſſer enthaltene, ſo ſchließt er daher, daß das Seewaſſer, wenn es weniger ſalzig wäre, noch leuchtender seyn würde.

Aus einigen der erſten Beobachtungen erhellte, daß die Hitze faulenden Materien das Leuchten benahm, und ſelbſt Canton bemerkte, daß, wenn gleich eine

große

große Sonnenhitze die Fäulniß befördert, gleichwohl eine um 20 Grad größere Hitze, als die menſchliche Blutwärme, ſie zu hindern ſcheine. Denn als er ein kleines Stück eines leuchtenden Fiſches in eine dünne Glaskugel gethan hatte, fand er, daß Waſſer, welches bis zum 118 Grad erhitzt war, das Leuchten dieſes Stückes in weniger als einer halben Minute vertrieb; daß es aber, wie es aus dem Waſſer genommen ward, ſein Licht etwa in 10 Sekunden wieder bekam, wiewohl es nie ſo helle wie zuvor glänzte.

Auch fand Canton die von Martin angeführte Bemerkung, daß ſüßes Waſſer mit Fiſchen leuchtend zu machen vergebens ſey, richtig, nur daß er einmal doch durch ein Stück von einem Karpfen das Waſſer ſehr leuchtend machte, wiewohl die Auſſenſeite oder der ſchuppige Theil gar nicht glänzte.

Endlich führt er auch an, wie künſtliches Seewaſſer ohne Salzprobe zu erhalten ſey, nämlich durch vier Unzen Salz avoir du pois Gewicht, vermiſcht mit 7 Nöſel Waſſer, Weinmaaß.

Was die Irrlichter oder Irrwiſche betrifft, ſo haben Derham und G. B. Beccari mehrere Beobachtungen darüber angeſtellt. Erſterer [t]) ſahe einſt auf einem moraſtigen Grunde, zwiſchen zwey felſigten Hügeln, in einer dunkeln und ſtillen Nacht einen Irrwiſch, und näherte ſich allmählich bis auf 3 oder 4 Ellen, daß er ihn alſo aufs bequemſte beobachten konnte. Er hüpfte um einen Dornbuſch herum, ſprang wegen einer kleinen Bewegung der Luft nach einer andern Stelle fort, und lief immer vor ihm her, ſo wie er ſich demſelben näherte. Derham war ſo nahe

t) Philoſ. Tranſ. abreg. Vol. VII. p. 59.

nahe heran gekommen, daß, wenn die Erſcheinung von Leuchtwürmern verurſacht wäre, er nach ſeiner Meynung nothwendig die einzelnen leuchtenden Theilchen, woraus es beſtanden hätte, hätte müſſen unterſcheiden können. Allein es war ein einziger zuſammenhangender Körper, und deßwegen hält er es für einen feurigen Dunſt.

Beccari erkundigte ſich bey allen Bekannten wegen dieſer Erſcheinung, welche Gelegenheit gehabt hatten, dieſelbe zu beobachten. Er erfuhr, daß zwey ſolcher Lichter, die auf der Ebene theils Nordwärts theils Oſtwärts von Bologna ſich ſehen ließen, beynahe in jeder dunkeln Nacht da anzutreffen wären, und daß ſie etwa ſo helle, wie ein Bündel Reißholz leuchteten. Das auf der Oſtſeite gewöhnliche Licht begleitete einmal einen ſeiner Freunde über eine Meile lang, immer vor ihm her, und leuchtete noch ſtärker, als die Fakkel, welche er ſich vortragen ließ. Alle dieſe leuchtenden Erſcheinungen, ſagt er, wären helle genug geweſen, die Gegenſtände in der Nähe zu erleuchten; und man hätte ſie immer in Bewegung, wiewohl in ſehr unordentlicher, geſehen. Bisweilen hätten ſie ſich erhoben, und bald wieder geſenkt, wären aber doch meiſtentheils etwa 6 Fuß vom Boden ſchwebend geblieben. Auch wären ſie plötzlich verſchwunden, und an einem andern Orte ſogleich wieder zum Vorſchein gekommen. Sie wären ſich in Abſicht an Figur und Größe nicht gleich, ſondern breiteten ſich einmal ziemlich weit aus und zögen ſich ein andermal wieder zuſammen, zertrennten ſich in zwey Theile und vereinigten ſich wieder, flöſſen zuweilen mit einer Art von wellenförmiger Bewegung dahin, und ſtreueten gleichſam Feuerfunken aus. Man verſicherte ihm, daß es keine dunkle Nacht

im

im Jahre gäbe, da ſie nicht erſchienen; und man nahm ſie noch häufiger im Winter nach gefallenem Schnee, als in den heißeſten Sommertagen wahr. Regen und Schnee waren dieſen Erſcheinungen ſo wenig hinderlich, daß ſie vielmehr bey feuchtem und regnichtem Wetter ſtärker leuchteten. Der Wind änderte nichts an ihnen.

Der Boden an der Oſtſeite von Bologna, wo das größte dieſer Lichter ſich ſehen ließ, iſt ein hartes, kreidigtes und thonichtes Erdreich, worauf das Waſſer lange ſtehen bleibt, und nachher bey heißer Witterung große Riſſe entſtehen. Hingegen auf den Bergen, wo dieſe Erſcheinungen viel kleiner waren, war der Boden von lockerer ſandigter Art, welcher das Waſſer bald einſog. Den beſten Nachrichten gemäß, die er erhalten konnte, ließen dieſe Lichter ſich häufig an Bächen und Flüſſen ſehen, vielleicht deßwegen, wie er ſagt, weil der Zug der Luft ſie leichter dahin als nach einem andern Orte treibt.

Endlich führt er noch folgenden merkwürdigen Bericht eines verſtändigen Mannes von einer ſolchen Erſcheinung an. Dieſer gieng im März, zwiſchen 8 und 9 Uhr des Abends, auf einer bergigten Straße, etwa 10 Meilen ſüdwärts von Bologna, und bemerkte ein ſehr helles Licht, das ſich auf einigen an dem Ufer des Fluſſes Rioverde liegenden Steinen zeigte. Es ſchien etwa 2 Fuß über den Steinen erhaben, und nicht weit vom Waſſer zu ſeyn, und glich einem etwas über 1 Fuß langen und ½ Fuß hohen Parallelepipedum, deſſen längſte Seite horizontal war, und leuchtete ſo ſtark, daß man dadurch einen Theil einer in der Nähe liegenden Hecke, und das Waſſer des Fluſſes erkennen konnte. Bloß an der öſtlichen Ecke war

der

der Glanz etwas ſchwach, und die eckigte Seite etwas abgerundet. Der Reiſende ging aus Neugierde langſam darauf zu und ſahe mit Verwunderung, daß, als er näher kam, das hellrothe Licht ſich erſt in ein gelbliches, und darauf in ein blaßfarbiges verwandelte, und ganz verſchwunden war, wie er an die Stelle ſelbſt kam. Hierauf ging er wieder zurück, und erblickte es nicht allein auf's neue wieder, ſondern fand auch, daß es deſto heller ward, je weiter er zurückging. Auf der Stelle, wo ſich dieſe Erſcheinung hatte ſehen laſſen, konnte er nicht den geringſten Geruch, oder ſonſt das Merkmal eines Feuers bemerken.

Eine Beſtätigung dieſer ſonderbaren Erſcheinung erhielt Beccari von einem andern Manne, welcher dieſen Weg oft reiſte, und ihm verſicherte, eben dieſes Licht 5 oder 6mal im Frühlinge und Herbſte geſehen zu haben. Es hatte ſich immer in der Geſtalt und an derſelben Stelle ſehen laſſen; einmal hätte er ſogar wahrgenommen, daß es an einem Orte in der Nähe entſtanden wäre, und ſich darauf von ſelbſt in die vorher beſchriebene Geſtalt geformt hätte.

Uebrigens geſteht Beccari, nicht allein dieſe ſonderbare Erſcheinung, ſondern auch die Irrlichter überhaupt nicht erklären zu können. Nur dieß bemerkt er, daß alle, welche dergleichen Lichter geſehen haben, darin übereinkommen, daß ihr Glanz mit dem Scheine der Leuchtwürmer nichts gemein habe.

Shaw [u]) beſchreibt folgendes merkwürdige Irrlicht. Als er mit einer Geſellſchaft durch die Thäler des Gebirges Ephraim des Nachts reiſete, wurden ſie über eine Stunde von einem Irrlichte begleitet, wel=

u) Travels, fol. p. 363.

welches bisweilen kugelrund, oder wie eine Lichtflamme ſchien, plötzlich aber ſich ſo weit ausbreitete, daß die ganze Geſellſchaft von einem blaſſen Lichte umgeben ward, worauf es ſich wieder zuſammenzog, und mit einemmale verſchwand. Aber in weniger als einer Minute kam es wieder zum Vorſchein, und breitete ſich, indem es ſich mit vieler Geſchwindigkeit fortbewegte, von Zeit zu Zeit ſo weit aus, daß es einige Morgen Land auf den nahegelegenen Bergen einnahm. Die Luft war vom Untergange der Sonne an beſonders dick und neblicht geweſen, und der Thau ſchmierig und fettig. Bey eben ſolcher Witterung, ſagt er, habe er auch die leuchtenden Erſcheinungen wahrgenommen, welche zur See um die Maſten und Segelſtangen zu hüpfen pflegen.

Eigenſchaften des Isländiſchen Kryſtalls oder des Doppelſpaths.

Huygens hatte bereits gefunden, daß auch der Bergkryſtall die Eigenſchaft beſitze, die durch ihn geſehenen Gegenſtände doppelt darzuſtellen. Indeſſen hatte er nebſt Newton dieſes Mineral nicht ſo ſorgfältig, als den Isländiſchen Kryſtall, beobachtet. Pater Beccaria x) unternahm es daher, Huygens und Newton's Wahrnehmungen von dem Bergkryſtalle zu verbeſſern. Bey dem Isländiſchen Kryſtalle beobachtete er, daß der Strahl in ſelbigem durch zwey parallele Flächen ein- und ausfährt, und daher ohne Farben bleibt; bey dem Bergkryſtalle aber ſind die brechenden Flächen gegen einander geneigt, und daher wird der ausfahrende Strahl gefärbt. Seine Bemerkungen beſchließt er mit der Frage, ob es außer die-

x) Philoſ. Transact. Vol. LII. p. 489.

dieſen beyden Körpern nicht noch mehrere gebe, welche eine vielfache Brechungskraft beſitzen. S'Graveſande, ſagt er, hatte ein Prisma aus Braſilianiſchem Kieſel, das an jedem Winkel eine gedoppelte Brechung, und zwar an jedem eine verſchiedene wahrnehmen ließ. Auch glaubt er, daß man durch die Beobachtung der Anzahl der Brechungen in durchſichtigen Foſſilien zu einer nähern Kenntniß der Bau- und Entſtehungsart ſolcher Körper geleitet, und die Urſache aller Brechungen und Zurückwerfungen beſſer einzuſehen in Stand geſetzt werden könne. Er ſelbſt iſt geneigt, die Urſache in einem elektriſchen Feuer zu ſuchen.

Noch andere neue Beobachtungen von der Brechungskraft des Isländiſchen Kryſtalls hat Martin y) gemacht. Er bemerkt, daß dieſer Körper, ungeachtet er viel weicher als Glas iſt, dennoch eine Politur faſt ſo gut wie Glas anzunehmen im Stande iſt, wenigſtens ſo gut, daß er zu allen Abſichten und Verſuchen tauglich wird, wenn man Prismen aus ihm ſchleift, dergleichen Martin verſchiedene verfertigt, und in ſeinen Lehrſtunden gezeigt hat.

Die Verſuche mit dieſen Prismen, ſagt er, zeigen, daß nicht bloß eine zweyfache, ſondern eine vielfache Brechung in dem Isländiſchen Kryſtalle vorgeht. Denn einige derſelben zerſpalteten den aufgefallenen Sonnenſtrahl nur in zwey Strahlen, deren jeder ein gefärbtes Bild der Sonne machte, das viel breiter und lebhafter gefärbt war, als es durch Glasprismen mit demſelben brechenden Winkel zu ſeyn pflegt. Beyde Bilder ſind einander ohne merklichen Unterſchied gleich. Andere Prismen zertheilten das Sonnenlicht in

y) Eſſay on Island Cryſtall p. 13.

in vier Theile, deren jeder ein beſonderes gefärbtes Bild der Sonne giebt. Dieſe vier Bilder ſind beynahe auf gleiche Art und gleich ſtark gefärbt. Jedes Objekt erſcheint durch dieſes Prisma vierſach, und allemal gefärbt.

Es giebt ſogar Stücke Isländiſchen Kryſtalls, aus welchen Prismen mit einer ſechsfachen Brechungskraft werden, weil ſie den Sonnenſtrahl in ſechs Theile ſpalten, ſechs gefärbte Sonnenbilder hervorbringen, und jedes Objekt ſechsfach vervielfältigen. Doch ſind dergleichen Stücke nicht häufig. Er hat nur ein einziges gefunden, welches helle genug war, ein gutes Prisma abzugeben. Als etwas ganz Beſonderes führt er an, daß von zwey Prismen aus demſelben Stücke Kryſtall, welche faſt gleiche Winkel hatten, das eine zwey Bilder, das andere aber ſechs machte.

Prismen, welche einzeln das Bild mehr als ſechsmal vervielfältigten, konnte er nicht finden, wenn er aber zwey Prismen ſo zuſammenſtellte, daß der brechende Winkel dadurch größer oder kleiner ward, ſo verhielten ſie ſich wie die Faktoren eines Produkts, d. i. ſie brachten ſo viele Bilder hervor, als das Produkt der von jedem einzeln hervorgebrachten Bilder betrug. Ein Prisma von zwey Bildern, verbunden mit einem von ſechs, brachte zwölf Bilder hervor. Zwey Prismen, jedes von 4 Bildern, gaben 16 Bilder u. ſ. f.

Das ſonderbarſte an dem Doppelſpathe ſchien Martin'en zu ſeyn, daß, wenn gleich die brechenden Flächen mit einander parallel waren, und der Strahl in der Ebene der ſenkrechten Brechung lag, dennoch das Licht nicht, ohne Farben zu erhalten, durchging, wie es ſonſt bey allen andern durchſichtigen Körpern der

Fall iſt. Es ſey nämlich (fig. 79.) po der einfallende Strahl, der auf die erſte Fläche cg des Kryſtalls, in einem finſtern Zimmer, fällt, und nach ol, om, geſpalten wird. Auf der andern, mit jener parallelen Seite fh, zeigt ſich wieder eine gedoppelte, aber von jener ſehr verſchiedene Art der Brechung beyder Strahlen bey l und m. Denn ein Theil des Strahls ol wird nach lq parallel mit dem einfallenden po, wie es ſonſt gewöhnlich iſt, gebrochen, der andere aber wird von l nach t, wie durch ein Prisma, nach dem Verhältniſſe der verſchiedenen Brechbarkeit des Lichts auf die Seite zerſtreuet, ſo daß das Licht nach lt gefärbt erſcheint. Eben ſo wird auf der andern Seite der Strahl om theils nach rm parallel mit po gebrochen, theils nach mſ zerſtreuet, und dabey gefärbt.

Von dieſen drey Strahlen, welche die zweyte Fläche bricht, werden drey verſchiedene Bilder des Lochs, wodurch das Licht in's dunkele Zimmer gekommen iſt, entſtehen, das mittlere iſt gedoppelt und entſteht von den nach lq und mr gewöhnlicher Weiſe gebrochenen Strahlen. Die andern Paar Strahlen lt, mſ, entwerfen jeder ein farbiges Bild des Lochs im Fenſterladen ſo weit von den mittleren Bildern, daß die Winkel tlq, rmſ fünf bis ſechs Grad groß ſind. Die verſchiedene Brechbarkeit äußert ſich völlig ſo wie im Glaſe, nur ſtärker.

Auch fand er Kryſtalle, welche, anſtatt jene drey Bilder in einer Reihe machen, drey Reihen von Bildern hervorbrachten, davon die mittlere zweyfach war, daß alſo überhaupt nicht weniger als zwölf deutliche Bilder des Lochs im Fenſterladen entſtanden, ſo wie es die fig. 80. abbildet. Die mit 1, 2, 3 bezeichneten liegen in der Ebene der ſenkrechten Brechung,

und

und ſind in dieſem Stücke Kryſtall verdoppelt in 4, 5, 6. Die Strahlen in dieſer Ebene wurden aber auch zur Seite gebrochen, nach 7, 8, 9 zu oberſt, und nach 10, 11, 12 zu unterſt. Alle dieſe Bilder lagen ſo ordentlich, daß ſie eine Raute bildeten, die dem Schnitte der Ebene der ſenkrechten Brechung cfhg völlig ähnlich war.

Sie waren auf mancherley Art gefärbt, die mittleren bey 2 und 5 ausgenommen, die faſt eben ſo weiß, als vorher, ausſahen. Doch beſaßen ſie nicht alle einerley Farben; denn einige waren faſt ganz roth, andere gelb, andere grün, blau oder violet, nachdem ſich die Lage des einfallenden Strahls gegen die brechende Fläche änderte. Die beyden Bilder bey 9 und 10 in den ſpitzigen Winkeln waren ſehr ſchwach und unkenntlich, wenn der Gegenſtand nicht ſehr helle war. Ward der Kryſtall um ſeine Axe gedreht, ſo drehete ſich das ganze Syſtem der Bilder zugleich um, und der rothe Theil jedes Bildes war immer nach dem Bilde in der Mitte, der violette abwärts gewandt.

Wenn Prismen aus dem Isländiſchen Kryſtalle, von zwey, vier oder ſechs Bildern, mit dem Parallelepipedo verbunden wurden, ſo vermehrte ſich die Anzahl der Bilder in der Raute, daß daraus 24, 48, 72 der Zahl nach wurden, die faſt alle ſehr deutlich und mit den prismatiſchen Farben regelmäßig geſchmückt waren, ſo daß daraus eine Art von natürlichen gemalten Kronleuchtern entſtand, weit ſchöner, als die Kunſt der Schmelzbarkeit je hervorbringen oder nachahmen kann.

Alle dieſe von Martin erzählten Erſcheinungen wiſſe er nicht, ſagt er, zu erklären; er glaube aber,

daß eine bisher noch nicht entdeckte Struktur dieſes Körpers, oder eine beſondere Modifikation der Lichttheilchen, die Newton ſelbſt noch nicht gekannt habe, ſie verurſachen möge. Es könnte auch, muthmaßt er, die Urſache zum Theil in gewiſſen feinen Spalten liegen, die man an einigen polirten Stücken dieſes Kryſtalls wahrnimmt; die Ebenen dieſer Spalten ſtehen ſenkrecht auf die Ebene der ſenkrechten Brechung. Man erkennt dieſe Spalten durch die bunten Ringe, und jede ſondert von dem Parallelepipedum ein gleichwinklichtes Prisma ab. Huygens und Newton führen ſie nicht an, und Martin hat auch nur ein einziges Stück gefunden, worin ſie ſehr deutlich zu ſehen waren. Sie ſind in fig. 81. abgebildet, wo die punktirten Linien ihre Durchſchnitte mit der Fläche des Kryſtalls anzeigen, die mit der Brechungsebene ed rechte Winkel machen.

Regenbogen, Höfe und Nebenſonnen.

Die Erſcheinung, welche D. Langwith beym Regenbogen im Jahr 1722 (Th. III. S. 54.) wahrnahm, ſahe auch Bouguer [z]) einigemal bey ſeinem Aufenthalte auf den Gebirgen zu Peru, wo der Himmel oft außerordentlich heiter iſt. Er hielt es für einen nothwendigen Umſtand zu dieſer Erſcheinung, daß der Himmel nach der Sonne hin recht heiter, noch mehr aber, daß er gegen über ganz dunkel ſeyn müſſe. Die Farben des zweyten Bogens unter dem erſten erblickte er in derſelben Ordnung, wie an dem erſten, auch war das Roth in jenem von dem Violetten in dieſem wohl abgeſondert, daß er alſo die beyden Bogen deutlicher von einander unterſchieden geſehen hat, als

z) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1757.

als ſie ſich beym D. Langwith zeigten. Bouguer glaubte noch bisweilen ſchwache Spuren eines dritten Bogens, gleich unter dem zweyten, wahrnehmen zu können.

Am 18. Nov. 1756 beobachtete le Gentil [a]) einen Regenbogen, welcher mit dem vom D. Langwith wahrgenommenen von einerley Art zu ſeyn ſcheint. Unter den beyden gewöhnlichen Bogen ſahe er zwey andere breite Bogen, einen unter dem andern. Der obere unter ihnen berührte das Violet des gewöhnlichen Bogens unmittelbar. Sie waren um etwas mehr als ihre Breite von einander entfernt, die etwa ein gutes Drittheil der Breite des innern Regenbogens betragen mochte. Ihre Farbe war blau, eben ſo lebhaft als das Blau des Hauptbogens. Der Raum, den ſie einnahmen, ſchien ihm ohngefähr eben ſo groß zu ſeyn, als der innere Regenbogen.

Ein andermal ſah er mit de Fouchy unter dem Violet des gewöhnlichen Bogens einen Raum ohne Farbe, ſo breit als das Grün und Blau dieſes Bogens zuſammen genommen, und darauf ein lebhaftes Grün, ſo lebhaft wie das Grün des Regenbogens.

Pemberton [b]) hat dieſe Erſcheinungen aus der Newton'ſchen Theorie der Anwandlungen des Zurückgehens und Durchgehens erklären wollen; nimmt aber dabey an, daß die verſchiedentlich gefärbten Strahlen ihre beſondern Anwandlungen haben, wenn ſie an der Oberfläche eines gewiſſen Mittels ankommen, ohne die Dicke deſſelben in Betrachtung zu ziehen. Doch

a) Mémoir. de l'Acad. roy. des ſcienc. de Paris. an. 1757.
b) Smith's Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 244.

Doch aber bemerkt er, daß ſolche Regenbogen in den Dampftröpfchen der Wolke ſich bilden mögen, welche die durch den Fall des Regens bewegte Luft zugleich mit den größern Tropfen herunter treibt. Deßwegen möchten ſie auch bloß unter dem höhern Theile des Regenbogens erſcheinen, weil dieſe Dunſttheilchen nicht weit herab kämen. Zur fernern Beſtätigung bemerkt er, daß dieſe Nebenfarben am deutlichſten zu ſehen ſind, wenn der Regen aus ſehr ſchwarzen Wolken herab kommt, wobey durch den heftigen Fall die Luft in eine ſtarke Bewegung gerathen wird.

Boscovich [c]) beſchreibt in einer Schrift, worinn er von dem großen Windwirbel zu Rom 1749 Nachricht ertheilt, einen vielfachen Regenbogen, welchen er den Tag nach dieſem Windwirbel ſahe. Zwey Stunden vor Untergang der Sonne ſah er außer den beyden gewöhnlichen noch einen dritten, welcher den innern Regenbogen berührte, und eine Viertelſtunde vor Sonnenuntergang innerhalb des innerſten vornehmſten Regenbogens noch drey mit derſelben Ordnung der Farben, einer den andern berührend, ganz deutlich, nebſt einer zweifelhaften Spur des vierten, welchen ſein Begleiter deutlich erkannte.

Die umgekehrten Bogen, welche ſich gewöhnlich bey Nebenſonnen zeigen, hat man, wie Weidler [d]) bemerkt, bisweilen auch allein geſehen. Ueberdem führt er aus Tachards Reiſebeſchreibung nach Siam an, daß dieſer allemal, wenn zwey Wellen an einander geſtoßen ſind, ſo daß das Waſſer in kleinen Tropfen in die Höhe geſprungen iſt, einen umgekehrten Regenbogen geſehen habe, woſern ſein Auge ein wenig über die=

c) De turbine.
d) Comment. de parheliis. p. 30.

dieſen Tropfen erhaben war; da hingegen, wenn die Tropfen wieder zurückgefallen ſind, oder wenn es geregnet hat, ſich ein Regenbogen in der gewöhnlichen Lage habe ſehen laſſen.

Carteſius erklärt dergleichen Erſcheinungen aus der Zurückwerfung des Sonnenlichts von der Fläche des Waſſers; allein Weidler iſt damit nicht zufrieden, und ſagt: dieſe Erſcheinung entſtehe, wenn die Sonnenſtrahlen, welche ſich nach zweymaliger Brechung und einer Zurückwerfung in den Tropfen auf der Axe des Regenbogens würden vereinigt haben, in das Auge, welches jenſeits dieſes Vereinigungspunkts auf der Axe befindlich iſt, unter einem halb ſo großen Winkel fallen. Allein Weidler zeigt nicht die Möglichkeit, wie auf ſolche Art die Strahlen dieſe Erſcheinungen zuwege gebracht haben können.

Celſius [e]) beſchreibt einen von ihm in Dalekarlien 1743 geſehenen dritten Regenbogen, welcher breiter, als die beyden andern geweſen, und ſie geſchnitten habe, und der, nach den Umſtänden zu urtheilen, durch die Zurückwerfung der Sonnenſtrahlen von einem Fluſſe entſtanden iſt.

G. Edward's [f]) beſchreibt einen Regenbogen, welcher durch die von London aufſteigenden Dünſte entſtanden ſeyn muß. Es war 20 Minuten nach Sonnenuntergang, als er ihn beobachtete, und der Mittelpunkt des Bogens war folglich über dem Horizont. Die Farben waren, wie an dem gewöhnlichen Regenbogen, nur ſchwächer.

Was

e) Abhandl. der Schwed. Akad. d. Wiſſenſchaften. B. IV. der deutſ. Ueberſ. S. 235.

f) Philoſoph. Transact. Vol. L. p. 294.

Was die Höfe betrifft, ſo ſind dieſe ſehr häufig. In Holland kann man ihrer, wie Muſſchenbroek[g]) erzählt, faſt jedes Jahr über 50 bey Tage erblicken. Middleton ſagt, daß die Höfe in Nordamerika ſehr häufig wahrgenommen werden, indem man daſelbſt mehrentheils alle Woche einen oder zwey um die Sonne, und alle Monat einen oder zwey um den Mond ſehe. Ferner erzählt Aepinus[h]), daß er vom 23. Aprill 1758 bis zum 20. Sept. nicht weniger als 26, ja bisweilen in eben dieſer Zeit noch einmal ſo viel beobachtet habe.

Einmal nahm Muſſchenbroek im Dec. 1756 durch ſein dünn überfrornes Stubenfenſter einen bunten Hof um den Mond wahr, welcher bloß von den dünnen Eisſcheibchen an dem Fenſter herrührte, weil keiner zu ſehen war, als er das Fenſter öffnete.

Eine Art von Hof war die merkwürdige Erſcheinung, welche Bouguer[i]) und ſeine Reiſegefährten auf dem Berge Pichincha in Peru wahrnahm. Als die Sonne gerade aufgieng, ſahen ſie auf einer weißen etwa 30 Schritt von ihnen entfernten Wolke, jeder ſeinen eigenen Schatten und keiner den des andern. Wegen der mäßigen Entfernung konnten ſie alle Theile des Schattens, als Arme, Beine, Kopf, deutlich unterſcheiden; was ſie aber erſtaunen machte, war, daß Jedes Kopf mit einer Art Glorie umgeben war, die aus drey oder vier kleinen concentriſchen Kreiſen beſtand, welche mit ſehr lebhaften Farben, jeder wie der innere Regenbogen, geſchmückt waren, und auch das Roth nach auſſen hin hatten. Die Abſtände die-
ſer

g) Introd. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 1036.
h) Nov. comment. Petrop. Vol. VIII. p. 392.
i) Mémoir. de l'Acad. de Paris. an. 1744.

ſer Bogen von einander blieben gleich, ob ſich zwar die Durchmeſſer derſelben änderten. Der letzte war ſehr matt, und in einer ziemlich großen Weite zeigte ſich ein großer weißer Kreis, der jene alle umgab. So gut Bouguer die Größe dieſer Kreiſe meſſen konnte, war der erſte etwa $5\frac{2}{3}$, der zweyte 11, der dritte 17 Grad groß; der Durchmeſſer des weißen Kreiſes hielt etwa 67. Dieſe Erſcheinung zeigte ſich nicht anders, als auf einer aus gefrornen Theilchen beſtehenden Wolke, nie auf Regentropfen. War die Sonne nicht im Horizonte, ſo war von dem weißen Kreiſe bloß ein Theil zu ſehen, wie es Bouguer nachher oft beobachtet hat. Eine Erklärung hat weder er, noch einer von allen, welche nach ihm dieſe Beobachtung erzählt haben, zu geben verſucht.

Eine dieſer wunderbaren Erſcheinung ähnliche hat auch M'Fait [k]) in Schottland wahrgenommen. Er nahm um ſeinen Schatten auf dem Nebel, über welchem er auf einer Anhöhe erhaben war, einen Regenbogen wahr. Von dieſem Standpunkte ſchien ihm die ganze Gegend umher gleichſam als von einer Sündfluth bedeckt, nur hie und da ragten die Spitzen entfernter Hügel aus der Fluth hervor, und nicht anders als mit Schwindel ließ ſich in die Tiefe hinabſehen. Ein andermal ſahe er unter dieſen Umſtänden eine doppelte Reihe von Farben um ſeinen Schatten. Die Farben der äußern waren breit und ſehr deutlich, allenthalben zwey Fuß von ſeinem Körper entfernt. Darauf folgte ein ſchwärzlicher Zwiſchenraum, und nach dieſem eine ſchmälere Reihe von Farben, die ſich hart an den Schatten anſchloß, der ſehr verkürzt war. Er ſcheint dieſe Farben der Beugung des Lichts zuzuſchrei-

k) Edinburgh eſſays. Vol. I. p. 198.

ſchreiben, eben der, welche den hellen Rand um die Schatten aller Körper, den Maraldi und M'Fait wahrnahmen, verurſacht habe.

Huygens Erklärung der Höfe hält Weidler für ſehr unwahrſcheinlich. Es ſey nämlich, ſagt er, nicht erweislich, daß Körper, wie Huygens vorausſetzt, gerade mit den gehörig abgemeſſenen Kernen vorhanden ſeyn ſollten; und wenn ſie es auch wirklich wären, ſo würden ſie, wie er glaubt, doch zu klein ſeyn, um die ihnen beygelegten Wirkungen hervorzubringen. Außerdem, ſagt er, ſind die Erſcheinungen, wie Höfe, nichts ungewöhnliches, wenn auch nichts anders als wäſſerichte Feuchtigkeit vorhanden iſt, z. B. wenn ein brennend Licht hinter dem Dampfe von kochendem Waſſer bey Froſtwetter, oder in die aus einem Bade häufig aufſteigenden Dünſte, oder hinter einen Recipienten geſtellt wird, worin die Luft ſo verdünnt iſt, daß ſie die in ihr enthaltenen Waſſertheilchen nicht mehr tragen kann. Bloß kleine Waſſertropfen, ohne einen undurchſichtigen Kern, in welchem das Sonnenlicht zweymal gebrochen und zweymal zurückgeworfen worden, ſeyen hinlänglich, alle die Erſcheinungen ſolcher Höfe hervorzubringen, an welchen die rothe Farbe nach der Sonne hinliegt, wie es ſich auch durch die Erfahrung beweiſen laſſe [l]).

Simon Kotelnikow [m]), welcher ſo wie Hallen über die Zahl der möglichen Regenbogen genaue Unterſuchungen angeſtellt hat, ſieht den bunten Hof, der bisweilen um eine Lichtflamme erſcheint, von einerley Art mit einem der Regenbogen an, die nahe bey

l) Comment. de parheliis. Viteb. 1738. p. 24.

m) Nov. comment. Petrop. Vol. VII. p. 276.

bey der Sonne erſcheinen würden, wenn ihr überſtarker Glanz es nicht hinderte.

Muſſchenbroek [n]) beſchließt ſeine Nachrichten von Höfen damit, daß er ſagt, es möchten Dünſte oder Scheibchen Eis von einer gewiſſen Dicke, nach Maasgabe dieſer Dicke, das Licht entweder bey dem Durchgange durch die Waſſerkügelchen ſelbſt oder durch ihre Zwiſchenräumchen in allerhand Farben zerſpalten. Er läßt ſich aber auf eine nähere Beſtimmung dieſer Dicke oder der Größe ihrer Theilchen nicht ein.

Im Jahre 1753 beobachtete Muſſchenbroek [o]) eine Nebenſonne, welche auf beyden Seiten einen Schweif hatte, ſo wie auch ſchon Halley eine ſolche geſehen hatte. Dieſe Schweiſe lagen in der geraden Linie nach der Sonne hin. Auch hat man Schweiſe auf farbigen Kreiſen liegen geſehen. Weidler ſahe eine Nebenſonne mit zwey Schweiſen, einen aufwärts, den andern unterwärts gekehrt, und ein wenig gekrümmt; der auswendige Rand in Abſicht auf die Sonne war purpurfarbig, der inwendige roth mit den andern Regenbogenfarben. Dieſe Schweiſe liegen mehrentheils in einem horizontalen Kreiſe; bisweilen fehlen ſie.

Eine merkwürdige Erſcheinung einer Nebenſonne ſahe Muſſchenbroek im Jahre 1753 den 18ten Octob. zu Leiden. Es war nur eine einzige Nebenſonne, die aber drey Schweiſe hatte, zwey mit dem Horizonte gleichlaufend, den dritten ſenkrecht aufgerichtet. Dieſer war 12 Grad lang, mit den Regenbogenfarben lebhaſt geſchmückt, von welchen das Roth nach der

n) Introduct. ad philoſ. natur. p. 1039.
o) Ibid.

der Sonne gekehrt war. Nach dem Zenith hin zeigte ſich ein farbiger Bogen, ſo groß als der vierte Theil eines mit dem Horizonte gleichlaufenden Kreiſes von 50 Grad im Durchmeſſer. Er war ſo breit, als ein Hauptregenbogen, und mit der erhabenen Seite nach der Sonne gekehrt, von welcher er 47 Grad abſtand. Die ſieben Regenbogenfarben, von welchen das Roth nach der Sonne zu gekehrt war, waren ganz beſonders lebhaft, und deutlicher unterſchieden, als man ſie durch das beſte Prisma ſehen mag. Der Himmel war damals mit einem dünnen Nebel bedeckt, mit hin und wieder zerſtreueten kleinen Wolken, und es war völlige Windſtille.

Eine Erſcheinung, die, wie Muſſchenbroek glaubt, dieſer von ihm wahrgenommenen ähnlich iſt, ward 1750 von Griſchow zu Berlin geſehen. Es war zwar keine Nebenſonne dabey zugegen, aber es zeigten ſich zwey farbige gegen die Sonne erhabene Bogen, wovon der äußere 47° 10′ von der Sonne, die 18° 30′ hoch ſtand, entfernt war, und der innere von dieſem erſten 7° abſtand. An jenem folgten die Regenbogenfarben nach der Ordnung, ſo daß Roth den Anfang von außen auf der Seite nach der Sonne machte; an dem innern war die Ordnung verkehrt. Die Erſcheinung dauerte eine halbe Stunde. Zu Anfange derſelben und einige Stunden vorher hatte es nicht geregnet; es entſtanden aber in der Gegend, wo ſie war, trübe ſchwarze Wolken, aus welchen ein ſtarker Regen fiel.

Aepinus [p]) ſahe am 23 April 1758 um einen Hof um die Sonne noch eine weiße elliptiſche Scheibe, deren kleine Axe auf dem Horizont ſenkrecht, und ſo groß

p) Nov. comment. Petrop. Vol. VIII. p. 393. ſqq.

groß als der Durchmeſſer des Hofes war. Dieſelbe Erſcheinung ſahe er deutlicher am 13ten May. Am 15ten Octob. 1758 ſahe er neben dem Hofe einen Bogen, deſſen Mittelpunkt in den Scheitel fiel, und der eben ſolche Farben wie der Hof hatte. Der oberſte Punkt war 45 Grad von der Sonne entfernt. Er vermuthet, daß Nebenſonnen mit elliptiſchen Höfen in den nördlichen Gegenden häufiger ſind, ſo wie die mit kreisförmigen in den ſüdlichern Ländern.

Wales q) erzählt, daß zu Churchill in der Hudſonsbay vor der Sonne bey ihrem Aufgange allemal zwey lange rothe Lichtſtröme vorhergehen, auf jeder Seite, etwa 20 Grad von ihr, einer. Sie ſteigen mit der Sonne zugleich in die Höhe, und beugen ſich, ſo wie ſie länger werden, gegen einander, bis ſie gerade über die Sonne, in dem Augenblicke da ſie aufgeht, zuſammenkommen, und daſelbſt eine Art von Nebenſonne bilden. Dieſe beyden Lichtſtröme, ſagt er, ſcheinen von zwey andern Nebenſonnen, die mit der wahren Sonne zugleich aufgehen, herzukommen. Im Winter, wenn die Sonne nie über dem Nebel ſich erhebt, der daſelbſt immer am Horizonte liegt, begleiten dieſe Nebenſonnen immer den ganzen Tag die Sonne, und gehen mit ihr auf dieſelbe Art unter, wie ſie aufgingen. Ein oder zweymal ſahe er noch eine vierte Nebenſonne gerade unter der wahren, welches aber, wie er ſagt, etwas ſeltenes iſt.

Auch hat man Nebenmonde zugleich mit Schweifen und farbigen Kreiſen geſehen, eben ſo wie bey den Nebenſonnen. Nachricht davon und die Beſchreibung einer ſolchen ſehr ſchönen Begebenheit findet man beym Muſſchenbroek r).

Weid-

q) Philoſ. Tranſ. Vol. LX. p. 129.

r) Abhandl. der ſchwed. Akad. der Wiſſenſch. der deutſch. Ueberſ. B. XXV. S. 47.

Weidler, welcher Huygens Hypotheſe zur Erklärung nicht wollte gelten laſſen, billigt doch deſſen Vorſtellung von der Entſtehungsart des horizontalen Ringes bey der Erſcheinung der Nebenſonnen vermittelſt gefrorner cylindriſcher Dünſte. Auch Muſſchenbroek ſagt, daß man von der Urſache der Nebenſonnen nichts beſſers, als Huygens Meynung anzugeben hätte, außer daß die gefrornen Cylinder oder Spießchen niemals in der Mitte undurchſichtig, ſondern immer durchſichtig gefunden worden ſind. Solche Spießchen ſind bisweilen, nachdem die Nebenſonnen verſchwanden, aus der Luft gefallen, wie Mehrere beobachtet haben.

Die farbigen Kreiſe um die Sonne, welche mit den Nebenſonnen zu erſcheinen pflegen, hält Muſſchenbroek für einerley mit den ſonſt gewöhnlichen Höfen um die Sonne, ſo daß, wenn eine hinreichende Menge gefrorner Spießchen in einem dünnen Nebel vorhanden iſt, alle dieſe Erſcheinungen entſtehen werden; die Höfe von dem dünnen Nebel, die Nebenſonnen von den gefrornen Spießchen.

Fr. Mallet merkt bey der Beſchreibung eines in Schweden geſehenen Parhelion an, daß einige Umſtände bey demſelben mit Huygens Hypotheſe nicht wohl übereinſtimmen. 1. Die Entfernung zwiſchen der Sonne und der Nebenſonne ward geringer, ſo wie die Sonne in die Höhe ſtieg, nahm aber nicht zu, als die Sonne des Nachmittags wieder niedriger ward, ſondern immer mehr ab; 2. weil die beyden Kreiſe, welche das Zenith zum gemeinſchaftlichen Mittelpunkte hatten, die Kreiſe, welche die Sonne umgaben, genau berührten, ſo ſollten ſie wohl von einer und derſelben Urſache herrühren; weil aber doch der äußerſte von

von beyden Kreiſen, in deren Mittelpunkt die Sonne war, eine doppelt ſo große Breite hatte, ſo folgerte er daraus, daß ſie aus verſchiedenen Urſachen entſtehen müßten.

Bemerkungen von den blauen Schatten der Körper, der blauen Farbe des Himmels, der rothen Farbe der Wolken des Morgens und des Abends, und der Dämmerung.

Framond's Meynung von der blauen Farbe des Himmels, daß ſie nämlich aus einer Miſchung von Licht und der Schwärze des Raums jenſeits der Atmoſphäre entſtehe, haben noch Wolf und Muſſchenbroek vertheidigt. Selbſt Eberhardt[s]), welcher dieſe Meynung erzählt, glaubt, daß die Atmoſphäre ihre eigenthümliche Farbe beſitze, darum, weil ſie die blauen Strahlen ſtärker als die andern breche. Allein auf ſolche Art wird die Abſonderung der blauen Strahlen von den rothen für ein innerhalb der Atmoſphäre befindliches Auge nicht erklärt. Indeſſen haben ſchon vor Eberhardt Bouguer und Andere eine leichte Erklärung dieſer Erſcheinung gegeben, indem ſie meinen, daß die blauen Strahlen von der Luft leichter zurückgeworfen, und die rothen leichter durchgelaſſen werden.

Was die blauen Schatten der Körper betrifft, wovon Otto von Guericke zuerſt eine kurze Wahrnehmung angeführt hat, ſo blieb ſie beynahe ein ganzes Jahrhundert nach demſelben unbemerkt, und ſelbſt da ward dieſe Erſcheinung bloß zufälliger Weiſe, als wenn ſie noch nicht wäre wahrgenommen worden, beobachtet. Erſt im Monat July 1742 nahm der Graf

s) Acta nova Acad. Caeſ. Tom. II. app. p. 263.

Graf von Buffon †), da er ſich mit der Unterſuchung der zufälligen Farben beſchäftigte und auf die untergehende Sonne wartete, um ſie ohne Schaden anſehen zu können, und darauf die Farben mit ihren Abwechſelungen, welche der Eindruck des Lichts auf ſein Auge hervorbrachte, zu bemerken, an den Schatten der Bäume, welche auf eine weiße Mauer fielen, eine grüne Farbe wahr. Zu der Zeit ſtand er auf einer Anhöhe, und die Sonne ging in einer Oeffnung zwiſchen zwey Bergen unter, ſo daß ſie ziemlich tief unter ſeinem Horizonte zu ſeyn ſchien. Der Himmel war heiter, außer in Weſten, wo er zwar ohne Wolken, aber doch mit Dünſten von einer in's röthliche fallenden gelben Farbe dünne überzogen war. Die Sonne ſelbſt ſahe ſehr roth aus, und ſchien wenigſtens viermal größer als zu Mittage. Unter dieſen Umſtänden bemerkte er ganz deutlich, daß die Schatten der Bäume, welche 30 bis 40 Fuß von der Mauer ſtanden, eine zarte grüne Farbe, die etwas in's Blaue fiel, hatten. Der Schatten einer Laube, die drey Fuß von der Mauer ſtand, war auf derſelben genau abgezeichnet, und ſahe aus, als wenn er ganz friſch mit Grünſpan gemalt wäre. Dieſe Erſcheinung dauerte faſt fünf Minuten.

Den folgenden Morgen ging er mit Sonnenaufgang aus, andere Schatten auf einer weißen Mauer zu beobachten, aber anſtatt ſie, wie er vermuthete, grün zu finden, fand er ſie blau, oder vielmehr von einer lebhaften Indigofarbe. Der Himmel war heiter, außer daß ſich in Oſten ein dünner Vorhang gelblichter Dünſte befand, und die Sonne ging hinter einem Hügel auf, ſo daß ſie über ſeinem Horizonte erhaben

†) Mémoir. de l'Acad. de Paris. an. 1743.

haben war. Unter dieſen Umſtänden blieben die Schatten nur drey Minuten lang blau und wurden darauf ſchwarz. Am dem Abende dieſes Tages beobachtete er die grünen Schatten genau wie den vorigen Tag. An den ſechs folgenden Tage hielten ihn die Wolken zurück, ſeine Beobachtungen zu wiederholen: aber am ſiebenten Tage bey Sonnenuntergang waren die Schatten nicht grün, ſondern ſchön himmelblau. Dabey bemerkte er, daß der Himmel damals wenig Dünſte hatte, und daß die Sonne hinter einem Felſen unterging, weßwegen ſie verſchwand, ehe ſie ſeinen Horizont erreichte. Von dieſer Zeit an beobachtete er ſowohl beym Auf- als Untergange der Sonne die Schatten ſehr oft, fand ſie aber immer blau, allein auf mancherley Art ſchattirt. Er ließ dieſe Erſcheinung verſchiedene ſeiner Freunde bemerken, die ſich eben ſo ſehr darüber verwunderten, als er es ſelbſt gethan hatte. Jeder, erinnert er, kann einen blauen Schatten ſehen, wenn er beym Auf- oder Untergange der Sonne ſeinen Finger vor einem Stücke weißes Papier hält.

Der erſte, welcher dieſe Erſcheinung zu erklären verſuchte, war der Abbé Mazeas [u]). Er beobachtete, da er einen dunkeln Körper von dem Monde und von einer Lichtflamme zugleich erleuchten ließ, daß von den beyden Schatten deſſelben, die auf eine weiße Wand fielen, derjenige, den die Lichtflamme erleuchtete, röthlich, und der vom Monde erleuchtete blau ausſah. Aber, ohne ſonſt einen andern Umſtand in Betrachtung zu ziehen, wollte er dieſe Farben aus der Verminderung des Lichts herleiten.

Da-

u) Mémoir. de l'Acad. de Berlin an. 1752.

Dagegen bemerkt Melville x), ein Körper zeige eine gewiſſe Farbe nur darum, weil er gewiſſe Gattungen von Strahlen häufiger als andere zurückſende, auch könne man die Beſtandtheile der reinen Luft nicht für grob genug halten, daß ſie für ſich im Stande wären, die Strahlen in Farben abzuſondern; man müſſe alſo nicht mit Newton annehmen, daß die Strahlen, welche die Empfindung der blauen und violetten Farbe erregen, häufiger als die übrigen von den feinen Dünſten zurückgeſandt werden, die durch den Dunſtkreis zerſtreuet, und deren Theile nicht groß genug ſind, um ſie als undurchſichtige Wolken ſichtbar zu machen. Ohne ſich auf Guericke oder Buffon zu beziehen, vermuthlich auch ohne ihre Wahrnehmungen zu kennen, zeigt er, daß unter gewiſſen Umſtänden die bläulichte Farbe des von der Luft zurückgeworfenen Lichts wirklich an den davon erleuchteten Körpern wahrgenommen werde; wie man, ſagt er, einwendet, daß es immer nach ſeiner Hypotheſe geſchehen müßte. Denn wenn man bey einem heitern unbewölkten Himmel auf ein weißes Papier einen Körper legt, und beydes in die Sonne ſtellt, ſo wird der Schatten, der bloß von dem Lichte des Himmels erleuchtet wird, gegen das übrige von der Sonne geradezu erleuchtete Papier ziemlich bläulicht ausſehen.

Bouguer y) aber nimmt die Dünſte in der Atmoſphäre nicht zu Hülfe, um die Zurückwerfung der blauen Strahlen zu erklären, ſondern leitet dieſe vielmehr aus der Beſchaffenheit der Luft ſelbſt her, welche mache, daß weniger lebhaft gefärbte Strahlen nicht ſehr weit durch ſie dringen können. Daraus erklärt er die von

x) Edinburgh eſſays. Vol. II. p. 75.

y) Traité d'Optique p. 368.

von Buffon wahrgenommene blaue Farbe der Schatten des Morgens und des Abends, welche, wie er ſagt, von den Mahlern wohl bemerkt wird, die man auch bey einer Lichtflamme kurz vor Sonnenaufgang wahrnehmen könne, allein wovon man, ſo viel er wiſſe, den wahren Grund nicht angegeben habe. Die Farbe des Lichts von der Atmoſphäre, welches dieſe Schatten erleuchtet, verurſache dieſe Erſcheinung. In dieſer Farbe wären die blauen Strahlen am häufigſten vorhanden, deren eine große Menge ſchief zurückgehe; dagegen die rothen Strahlen, welche nicht ſo leicht zurückgeworfen werden, ihren Weg weiter fortſetzen, und auf den Schatten keinen Einfluß haben.

Aus dieſem Grunde, weil die blauen Strahlen von der reinen Luft am häufigſten zurückgeſandt werden, leitet Smith a) die rothe Farbe der Sonne und des Mondes, wenn ſie nahe am Horizonte ſind, und die Kupferfarbe des Mondes bey gänzlichen Verfinſterungen her.

Beguelin a), welcher dieſen Gegenſtand am genaueſten unterſucht hat, macht die Bemerkung, daß die ordentliche Farbe der Schatten blau ſeyn müſſe, und daß die grüne Farbe, die Buffon nur zweymal geſehen, eine zufällige Urſache zum Grunde habe. Grün ſey nur eine Miſchung von Blau und Gelb, ſo daß dieſe zufällige Veränderung von der Beymiſchung einiger gelben Strahlen in dem Schatten entſtanden ſeyn könne; vielleicht habe auch die Mauer einen gelblichen Anſtrich gehabt, daß folglich bloß die blaue Farbe

a) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner. S. 425.

a) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1767. p. 27 ſqq.

be es ſey, welche man zu erklären habe. Dieſe aber laſſe ſich ganz natürlich von der Farbe der Luft herleiten, welche uns blau ſcheint, und die alſo diejenigen Strahlen, welche die Empfindung dieſer Farbe erregen, vor andern häufig zurückſendet. Alle Gegenſtände, welche von der Sonne unmittelbar erleuchtet werden, erhalten zu gleicher Zeit mehr oder weniger von der Luft zurückgeſendete Strahlen; und da dieſe noch immer auf eine Sache fallen können, wenn gleich die von der Sonne gerade herkommenden aufgefangen werden, ſo ſey es kein Wunder, daß der beſchattete Theil einige von den blauen Strahlen zurückſenden könne, und daß man dieſe empfinde, ſobald das Licht, welches die Empfindung derſelben überwältigt, bis auf einen gewiſſen Grad geſchwächt wird, wie es der Fall um die Zeit des Aufgangs oder Untergangs der Sonne iſt.

Zur Beſtätigung ſeiner Erklärung fügte er ſelbſt einige von ihm gemachte Beobachtungen hinzu, in welchen die Erſcheinung ſich auf mancherley Arten zeigt. Als er ſich im Juli 1764 in dem Dorfe Buchholz aufhielt, beobachtete er auf freyem Felde bey heiterm Himmel die Schatten, welche auf die weißen Blätter ſeiner Schreibtafel fielen. Um halb ſieben Uhr des Abends, da die Sonnenhöhe etwa 4 Grad war, bemerkte er, daß der Schatten ſeines Fingers dunkelgrau ausſah, wenn er die Schreibtafel ſenkrecht der Sonne entgegenhielt; wenn er ſie aber beynahe horizontal hielt, daß die Sonnenſtrahlen ſehr ſchief auf das Papier fielen, ſo bekam der erleuchtete Theil eine bläulichte, und der Schatten auf dem Papiere eine ſchöne hellblaue Farbe.

Wenn er ſeine Augen zwiſchen der Sonne und dem horizontal gehaltenen Papier ſtellte, ſo hatte dieß, unge-

ungeachtet es von der Sonne erleuchtet ward, immer eine bläulichte Farbe; hielt er aber das Papier in dieſer Lage zwiſchen der Sonne und dem Auge, ſo konnte er auf jedem kleinen Hügelchen, den die Ungleichheit des Papiers machte, die vornehmſten prismatiſchen Farben wahrnehmen, die er ſelbſt an den Nägeln der Finger und an der Haut ſeiner Hand bemerken konnte. Die Menge dieſer roth, grün und blau gefärbten Punkte verdrängte beynahe die natürliche Farbe der Gegenſtände.

Um drey Viertel nach ſechs Uhr fieng der Schatten an blau zu werden, wenn auch gleich die Strahlen ſenkrecht auf das Papier fielen. Die Farbe war lebhafter, wenn die Strahlen unter einem Winkel von 45 Grad dagegen geneigt waren. Selbſt bey einer kleinern Neigung des Papiers bemerkte er ſchon deutlich, daß der blaue Schatten zu oberſt einen blauen, und zu unterſt einen rothen Rand hatte. Allein um die Ränder zu erkennen, mußte der beſchattende Körper nahe an das Papier gehalten werden. Denn in einer Entfernung von drey Zoll war der ganze Schatten blau. Jedesmal, wenn er die Schreibtafel offen gegen den Himmel gehalten hatte, kehrte er ſie auch gegen den Erdboden zu, der mit Grün bewachſen war, und hielt ſie ſo, daß die Sonne ſie beſcheinen, und die Schatten von verſchiedenen Dingen darauf fallen konnten; allein in dieſer Lage konnte er bey keiner Neigung der Sonnenſtrahlen, wie ſie auch ſeyn mochte, an dem Schatten eine blaue oder grüne Farbe entdecken.

Um ſieben Uhr, da etwa die Sonnenhöhe noch 2 Grad war, hatten die Schatten eine ſehr blaue Farbe, ſelbſt wenn die Strahlen ſenkrecht aufs Papier fielen. Dieſe war am ſchönſten, wenn das Papier

mit dem obern Theile von der Sonne abwärts unter einem Winkel von 45 Grad geneigt war; was er aber nicht erwartete, war, daß die blaue Farbe ſich verlohr, wenn ein größerer Himmelsraum das Papier erleuchtete, ſo, daß bey einer horizontalen Lage deſſelben der Schatten gar nicht mehr blau war. Dieſen beſondern Umſtand erklärt er daher, daß die Helligkeit des von der Sonne erleuchteten Theils des Papiers und des beſchatteten Theils in dieſer Lage ſehr wenig unterſchieden waren, da die Erleuchtung abnimmt, je mehr die Fläche gegen die Strahlen geneigt wird. Auf ſolche Art hatten zu viel und zu wenig Helligkeit einerley Wirkung, wiewohl aus verſchiedenen Urſachen. Uebrigens ſahe Beguelin nie anders einen grünen Schatten, als wenn er ihn auf gelbes Papier fallen ließ. Doch behauptet er nicht als gewiß, daß nicht auf eine andere Art noch grüne Schatten möglich ſeyen, und glaubt, wenn Buffon die blauen Schatten auf derſelben Mauer geſehen hat, auf welcher er ſieben Tage vorher die grünen ſahe, daß die Urſache davon in den gelben Strahlen zu ſuchen iſt, welche von den gelblichen Dünſten, deren Buffon erwähnt, zurückgeworfen worden ſind.

Auch kann man, nach Beguelin, blaue Schatten zu einer andern Zeit, als bey Sonnenaufgang oder Untergang ſehen; denn am 19. Juli hat er ſolche um 3 Uhr Nachmittags wahrgenommen; die Sonne war aber zu der Zeit in einen ſehr hellen Nebel gehüllt, welcher ihr Licht ſchwächte.

Bey hellem Himmel fangen die Schatten an ſich blau zu färben, wenn der wagrechte Schatten eines Körpers achtmal länger als der Körper hoch iſt, oder wenn die Höhe des Mittelpunkts der Sonne $7^\circ\ 8'$ beträgt. Dieſe Beobachtung machte er im Auguſt.

Außer

Außer den gefärbten Schatten, die bey gerade auffallenden Strahlen der Sonne entſtehen, kann man, nach Beguelin, dergleichen auch faſt zu jeder Stunde des Tages in Zimmern wahrnehmen, welche das Sonnenlicht durch die Zurückwerfung von einem weißen Gegenſtande, z. B. einem gegen über liegenden weißen Hauſe, erhalten, wofern man nur von dem Orte des Verſuchs einen Theil des klaren Himmels entdecken kann, und ſonſt alles unnöthige Licht ſo viel als möglich zurückhält. Beobachtet man dieſe Vorſicht, ſo kann man, ſagt er, zu jeder Zeit, ſelbſt wenn das Sonnenlicht gerade in das Zimmer fällt, blaue Schatten ſehen, und ſich überzeugen, daß die blaue Farbe genau an denjenigen Stellen des Schattens verſchwindet, von welchen aus man keinen Theil des blauen Himmels ſehen kann.

Alle Beobachtungen, welche Beguelin über den röthlich gelben Rand der Schatten machte, leiteten ihn auf den Gedanken, daß der Mangel des von dem Himmel zurückgeworfenen blauen Lichts an dieſer Stelle Schuld daran ſeyn müßte; daher dieſer Theil des Schattens entweder von dem rothen Lichte der Wolken, oder von dem Lichte, welches ein oder der andere Körper in der Nähe dahin ſende, erleuchtet werde. In dieſer Meynung ward er dadurch beſtärkt, daß der beſchattende Körper ſehr nahe an den weißen, der den Schatten auffangen ſollte, geſtellt werden mußte, um dieſen rothgelben Rand hervorzubringen.

Zum Schluſſe ſeiner Bemerkungen über die blauen Schatten führt er noch eine Art derſelben an, welche er eben ſo wie jene erklärt. Dieſe ſahe er oft im Anfange des Frühlings, wenn er des Morgens früh bey Lichte laß, und der Schein der Dämmerung und des

Lichts ſich auf der Wand mit einander vermiſchten. Unter dieſen Umſtänden hatte der Schatten, den er durch einen zwiſchen das Licht und die Wand gehaltenen Körper machte, eine ſchöne hellblaue Farbe, welche deſto tiefer ward, je näher der Körper an die Wand gehalten wurde. An den Stellen, wohin das Tageslicht nicht fallen konnte, waren die Schatten vollkommen ſchwarz.

In Anſehung der Urſache über die verſchiedenen Farben, welche man des Morgens und Abends an den Wolken wahrnimmt, iſt Melville [b]) mit Newton und andern Phyſikern nicht zufrieden (Th. III. S. 211.). Er wendet dagegen ein: warum ſollten die Theilchen der Wolke genau zu jener Zeit, und zu keiner andern, diejenige Größe erhalten, welche zur Abſonderung der Farben ſchicklich iſt? Und warum ſieht man ſie ſo ſelten oder niemals blau und grün, ſo gut wie roth, orangefarbig oder gelb gefärbt? Geſchieht nicht wahrſcheinlicher die Abſonderung der Strahlen während ihres Durchganges durch den horizontalen Luftraum, und werfen die Wolken das Sonnenlicht nicht auf eben die Art zurück und laſſen es durch, wie jeder andere halbdurchſichtige farbenloſe Körper an ihrer Stelle es thun würde? Denn da die Atmoſphäre die blauen und violetten Strahlen häufiger zurückwirft, als die übrigen, ſo muß dasjenige Licht, welches durchgeht, ins gelbe, orangenfarbige und rothe fallen, beſonders wenn es einen ſehr großen Luftraum durchgegangen iſt. Dem zu Folge muß ein jeder bemerkt haben, daß das Licht der untergehenden Sonne oft ſo tief gefärbt iſt, daß Körper, auf welche es gerade zu fällt, ein hohes Orange, oder ſelbſt eine rothe Farbe anneh-

b) Edinb. eſſays. Vol. II. p. 75.

annehmen. Iſt es alſo, frägt er, ein Wunder, daß zu einer ſolchen Zeit die farbenloſen Wolken dieſes Licht mit noch ſtärkerm Glanze und Lebhaftigkeit zurückwerfen?

Man muß auch bemerken, ſagt Melville, daß die Farbe der Wolken gewöhnlich nicht eher, als einige Minuten nach Sonnenuntergang recht lebhaft wird, und daß ſie vom Gelben zum brennenden Golde und von da ins Rothe übergeht, welches immer dunkler, aber auch ſchwächer wird, bis daß das Sonnenlicht ganz aus der Luft geht. Nun iſt es offenbar, daß die Sonnenſtrahlen alsdenn einen viel weitern Weg durch die Luft bis an die Wolken zurück zu legen haben, als wenn die Sonne eben untergehen will; daher es alſo ſehr glaublich iſt, daß das Sonnenlicht, welches ſchon etwas gelb oder orangefarbig wird, wenn es durch die Luft am Horizonte hin geht, immer mehr von der Orangefarbe ins Rothe übergehen müſſe, wenn es eine größere Strecke Luft durchgehen muß. So kann man begreifen, wie die Wolken nach ihren verſchiedenen Höhen ſich mit ſo mancherley Farben ſchmücken, ohne daß ſie etwas anders thun, als das Licht der Sonne, ſo wie ſie es erhalten, wieder zurück zu ſenden.

In dieſen Gedanken ward Melville durch eine Beobachtung beſtärkt, welche er bey ſeinem Aufenthalte in der Schweiz oft gemacht hatte, wo er bemerkte, daß die mit Schnee bedeckten Gipfel der Alpen, eben ſo wie die Wolken, nach Sonnenuntergang immer röthlicher wurden.

Wird dieſe Erklärung, frägt er, nicht dadurch ſehr beſtätigt, daß dieſe gefärbten Wolken die dunkle Bleyfarbe, welche ſie von dem Lufthimmel erhalten, ſogleich

ſogleich wieder annehmen, wenn die Strahlen der Sonne nicht mehr gerade auf ſie fallen? Denn wenn ihre bunten Farben in einer gewiſſen Größe ihrer Theile ihren Grund hätten, ſo würden ſie faſt dieſelben Farben, wiewohl nicht ſo lebhaft, beybehalten, wenn ſie nur von der Atmoſphäre erleuchtet würden. Um die Zeit des Untergangs der Sonne, oder ein wenig nachher, ſcheint der untere Theil des Himmels bis auf eine gewiſſe Weite auf beyden Seiten der Stelle, wo die Sonne untergegangen iſt, ſich wie mit einem ſchwachen Meergrün zu färben, weil alsdenn die durchgelaſſenen Strahlen, welche gelblich ſind, ſich mit dem Blau des Himmels vermiſchen. In größern Entfernungen verändert ſich dieſes ſchwache Grün allmählig in ein röthlich Braun, weil die Sonnenſtrahlen, indem ſie durch mehr Luft gehen müſſen, ſich zur Orangefarbe neigen. Zugleich fällt auf der gegen über liegenden Seite des Himmels die Farbe der Wolken am Horizonte merklich ins Purpur, weil nun das durchgehende mit der azurnen Farbe des Himmels ſich vermiſchende Licht röthlich wird, indem es durch eine ſo viel größere Strecke Luft gehen muß.

Um völlig zu begreifen, wie die Sonnenſtrahlen, indem ſie durch einen immer größern Raum Luft gehen, ſtufenweiſe von Weiß in Gelb, darauf in Orange, und endlich in Roth fallen, bemerkt Melville, daß man nur nöthig habe, Newton's allgemeine Lehre von der Farbe durchſichtiger Flüſſigkeiten auf die Atmoſphäre anzuwenden.

Dieſe Bemerkungen beſchließt Melville mit einer Muthmaßung, daß das gefärbte Licht, welches ſich des Morgens und des Abends an den Wolken zu zeigen pflegt, eben dasjenige ſeyn könne, welches dem Monde

bey

bey gänzlichen Finſterniſſen bisweilen die dunkle Ziegel- farbe giebt, indem es durch die Brechung der Atmo- ſphäre in den Erdſchatten geworfen wird. Ferner be- merkt er, daß, da diejenigen Strahlen, welche durch den größten Strich Luft gehen, röthlich, die, welche den kleinſten durchlaufen, gelblich, und die dazwiſchen fallenden orangefarbig werden, die rothen Strahlen in den Schatten ſich am ſtärkſten zuſammen neigen müſſen, die orangefarbigen etwas weniger, und die gelblichen noch weniger; ſo daß die Farbe des ganzen ein wenig erleuchteten Erdſchattens immer röther werden muß, je näher man der Erde kommt; daher auch die Farbe des Mondes bey gänzlichen Finſterniſſen nach ſeiner verſchiedenen Entfernung von der Erde verſchieden wer- den, und beym Eintritte und Austritte aus dem Schat- ten etwas mehr, als in der Mitte, ins Rothe fallen müſſe. Er überläßt es den Aſtronomen, die Uebereın- ſtimmung dieſer Theorie mit den Erſcheinungen aus- zumachen.

Es iſt bekannt, daß das ſchwache und abneh- mende Licht, das wir noch nach Sonnenuntergang wahrnehmen, Abenddämmerung, ſo wie dasje- nige, welches ſich vor ihrem Aufgange immer mehr und mehr zeigt, Morgendämmerung genannt wird. Die Aſtronomen ſind nicht einig, wie hoch die Dämmerung eigentlich ſey. Aus mehreren angeführ- ten Angaben nimmt man gewöhnlich das Mittel von 18°. In dieſer Entfernung, nämlich von dem Hori- zonte unter demſelben, wird ein Bogen an der ſcheinba- ren Himmelskugel gezogen, welcher der Dämmerungs- kreis, die Grenze der Dämmerung, genannt wird. Uebrigens iſt, wie von jeher bekannt war, die Zeitdauer der Dämmerung für verſchiedene Orte der Erde, und für verſchiedene Jahrszeiten, ſehr verſchieden.

Die Tage der kürzeſten Dämmerung zu finden, iſt eine Aufgabe, deren Auflöſung durch Differenzialrechnung Johann Bernoulli'n c) nebſt ſeinem Bruder fünf Jahre lang beſchäfftigt hat. Gleichwohl hatte ſie ſchon Nunnez oder Nonius d) durch die Geometrie der Alten aufgelöſet. Die ausführliche Auflöſung durch Differenzialrechnung vermittelſt der Methode des Größten und Kleinſten hat de l'Hopital e) bekannt gemacht, und Käſtner f) hat ſie aus den ſo genannten Formeln des Maupertuis hergeleitet.

Beſonders iſt aber noch eine Erſcheinung zu bemerken, die ſo allgemein iſt, daß ſie faſt alle Tage ſich ereignet, wenn der Himmel heiter iſt, aber doch das beſondere Schickſal gehabt hat, daß ſie der Aufmerkſamkeit der alten und neuern Naturforſcher entgangen iſt. Der erſte, welcher dieſelbe anführt, iſt Joh. Caſp. Funccius g), der in ſeiner Beſchreibung von den Farben der Dämmerung zeigt, daß er ſolche wirklich wahrgenommen habe. Der andere, welcher ſie genau und viele Jahre lang erſt in andern Theilen Frankreichs, und nachgehends zu Paris beobachtet hat, war Mairan h). Auch Gabr. Cramer, Prof. zu Genf, hat dieſes tägliche Phänomen geſehen, ob er gleich nichts davon herausgegeben hat. Mairan nennt ſie die Gegendämmerung (anticrepuſculum), erſt-

c) Opp. Tom. I. p. 64.

d) De crepuſculis; liber. 1541. P. II. prop. 17.

e) Analyſe des infinements petits, à Paris 1696. p. 52.

f) Lulof's Einleitung zur Kenntniß der Erdkugel durch Käſtner. Gött. u. Leipz. 1755. S. 84.

g) De coloribus coeli. Ulm. 1716. p. 144.

h) Traité de l'aurore boreale. ed. 2. p. 79.

erſtlich deßwegen, weil ſie ſich in der Gegend zeigt, die der Dämmerung entgegengeſetzt iſt, und zweytens, weil der Dämmerung unterſter Theil am hellſten iſt, und ſich hier das Gegentheil ereignet.

Den vollkommenſten Begriff hievon zu erhalten, darf man nur einige Minuten nach Auf- oder Untergang der Sonne den Horizont der Sonne gegen über betrachten, ſo daß man, wenn ſich die Sonne am öſtlichen Horizonte befindet, den weſtlichen betrachten muß. Alsdenn wird man, wenn der Himmel heiter iſt, einen rundlichen Streifen, oder ein dunkeles bläulichtes Segment ſehen, das nach oben zu einen mehr oder weniger hochrothen Bogen zum Rande hat. Wenn die Umſtände ſehr günſtig ſind, ſo ſieht man zwiſchen dem Rothen und Bläulichten Weiß, darüber Gelb; aber das iſt ſehr ſelten. Torbern Bergmann [i]) hat dieſe Erſcheinung binnen einer großen Reihe von Jahren ſehr wenige mal ſo beobachtet, und auch da waren die Farben ſehr übel begrenzt.

Nachdem die Gegendämmerung, ſagt Bergmann, zu einer gewiſſen Höhe gekommen iſt, bleibt das Segment ſtehen, und wird ſogleich graulich, aber der Bogen ſteigt weiter, und iſt noch beym Scheitel merklich, wenn die Luft heiter iſt; er wird aber immer ſchwächer und ſchwächer, und verſchwindet endlich ganz und gar. Die Gegendämmerung eines Tages und eines Landſtrichs ſind von der Gegendämmerung eines andern Tages und eines andern Landſtrichs nur in mehr oder weniger günſtigen Umſtänden verſchieden. Im Winter pflegen ſie ſich inſonderheit deutlich zu zeigen, wenn die Luft heiter und die Kälte ſtark iſt.

Die

i) Traité d'Optique, p. 100.

Die Urſache dieſer Erſcheinung beruhet nach Bergmann auf der Brechung des Lichts und der Zurückwerfung der Strahlen von der innern Fläche der Atmoſphäre, wie gleichſam von einem Gewölbe.

Die bisher angeführte Dämmerung wird die aſtronomiſche genannt. Man unterſcheidet von ihr die gemeine oder bürgerliche Dämmerung, welche die Zeit begreift, da man in Wohnungen, welche eben nicht gerade gegen den Ort der auf- oder untergehenden Sonne gekehrt ſind, des Abends Licht anzuzünden genöthigt iſt, oder des Morgens Licht zu brennen aufhören kann. Lambert hat in ſeiner Photometrie durch ſehr umſtändliche Beobachtungen gezeigt, daß, wenn die Sonne eine Tiefe von $6^\circ\ 23\frac{1}{2}'$ unter dem Horizonte erreicht, ſich die Grenzen des noch erleuchteten Kreiſes am Himmel gerade durch den Scheitelpunkt ziehen, ſo daß man alsdenn an der von der Sonne abgekehrten Seite des Himmels die größern Sterne ſieht, wenn dieß an der andern Seite durch die Dämmerung verhindert wird. Für dieſe Dämmerung wird alſo der Dämmerungskreis in einer Tiefe von $6^\circ\ 23\frac{1}{2}'$ mit dem Horizonte parallel gezogen.

Vermiſchte Bemerkungen und Entdeckungen.

Bouguer fand, daß von erhabenen und hohlen Oberflächen zu gleicher Zeit zwey Bilder gemacht werden, woraus denn zwey verſchiedene Bilder des Objekts, welche man durch die Zurückſtrahlung ſieht, entſtehen. Dieſe Bemerkung, ſagt er, iſt deſto wichtiger, da in gewiſſen Fällen beyde Bilder gleiche Deutlichkeit beſitzen.

Man ſetze, aib ſey die Oberfläche einer vollkommen polirten Kugel (fig. 82.); alle die unendlich nahe an

an einander, in derſelben Ebene durch den leuchten- den Punkt l und den Mittelpunkt der Kugel c, bey d und δ auffallenden Strahlen werden ſo zurückgeworfen, als kämen ſie von g zwiſchen lc und d her; aber die- jenigen, welche den Strahlen ld, lδ zur Seite in ei- ner andern Ebene aεb, z. B. in ε, auffallen, werden nicht ſo in's Auge kommen, als wenn ſie von g, ſon- dern von einem andern Punkte e ausgingen, wo die zurückgeworfenen Strahlen die Axe der Kugel, welche durch den leuchtenden Punkt l geht, ſchneiden. Denn es iſt der einfallende Strahl lε nebſt ſeinen zurück- geworfenen εn in einer andern Ebene, als worin ld und lδ nebſt ihren zurückgeworfenen dm, δμ ſich befinden, und dieſe beyden Ebenen ſchneiden ſich in cl. Man muß alſo wohl bemerken, daß es zwey verſchie- dene Vereinigungspunkte der zurückgeworfenen Strah- len giebt, nachdem die einfallenden entweder auf Punk- te über- und unterhalb d, oder zur Seite von d treffen. Der Punkt g iſt in der Brennlinie des Kreiſes aiba. Wäre die Oeffnung unſers Auges eine enge vertikale Spal- te, ſo würden wir bloß die Strahlen bekommen, welche ſich in g vereinigen; und wäre es eine horizontale Spal- te, ſo würde es bloß von den aus e herkommenden Strahlen gerührt werden. Da aber die Augenöffnung rund iſt, ſo entſtehen von beyden Punkten Bilder auf der Netzhaut. Sehen wir demungeachtet nur Ein Bild in dem Spiegel, ſo muß die Urſache davon ſeyn, daß unſere Augen nicht geſchickt ſind, kleine Gegenſtände in allen Entfernungen gleich deutlich zu ſehen, und daß nur eins der Bilder g oder e in der gehörigen Ent- fernung vom Auge iſt.

Ueberhaupt waren die Erweiterungen im mathema- tiſchen Theile der Optik in dieſem Zeitraume außer-

ordentlich. Die vorzüglichſten in dieſem Fache ſind die großen Mathematiker Euler, Clairaut, d'Alembert und Käſtner. Kein einziger Umſtand, welcher zur Vollkommenheit der Fernröhre etwas beytragen konnte, iſt der Aufmerkſamkeit Euler's entgangen. Aus ſeinen zahlreichen Abhandlungen darüber, die in den Mémoires der Berliner Akademie zerſtreuet zu finden ſind, iſt endlich ſeine vortreffliche Dioptrik in drey Quartbänden entſtanden, deren ſchon oben Erwähnung geſchehen iſt. Käſtner war der erſte, welcher in ſeiner Ausgabe der Smith'ſchen Optik eine vollſtändige Anwendung der allgemeinen Arithmetik auf die Optik geliefert hat, und in einigen Abhandlungen, welche ſich in den Comment. Gotting. Vol. I. et II. befinden, hat er Berechnungen über die Abweichung der Lichtſtrahlen durch ſphäriſche Gläſer mitgetheilt. Auch der Graf von Redern [k]) gab ſich viele Mühe, die Gründe, worauf ſich die Verfertigung der Teleſkope und Mikroſkope ſtützt, aus einander zu ſetzen, und daraus Regeln für die Ausübung herzuleiten.

Die Erſcheinungen des Lichts führten von Mairan [l]) auf die Vorſtellung einer krummen Linie, welche noch eine andere als die Brennlinie iſt, und die er die Brechungslinie (refractoire) nennt, weil ſie die ſcheinbare Geſtalt des ebenen Bodens eines mit Waſſer gefüllten Gefäßes für ein über der Mitte der Oberfläche ſenkrecht befindliches Auge darſtellt. Der Boden wird ſich dieſem Auge von der Mitte auswärts zu erheben ſcheinen, aber die ſcheinbare Krümmung wird im-

k) Mémoir. de l'Acad. de Berlin. an. 1761.

l) Hiſtoir. de l'Acad. roy. de Paris. an. 1740.

immer geringer werden, ſo daß die Fläche des Waſſers eine Aſymptote davon iſt. Er fand verſchiedene Arten dieſer krummen Linien, entwickelte ihre Eigenſchaften geometriſch, und zeigte ihre Verwandtſchaft mit den Brennlinien gebrochener Strahlen.

Weil eine Linie, ſie mag gerade oder krumm ſeyn, von einem leuchtenden Punkte an verſchiedenen Punkten verſchieden erleuchtet wird, nachdem dieſe Stellen mehr oder weniger von dem Lichte entfernt ſind, ſo nahm Kurdwanowski m), ein Polniſcher Edelmann, daher Gelegenheit, eine krumme Linie anzugeben, deren Ordinaten die verſchiedenen Wirkungen des Lichts auf die verſchiedenen Punkte irgend einer krummen Linie ausdrucken. Er nennt dieſe krummen Linien courbes à la lumière.

Ferner hat D. Smith n) in einer Reihe von Lehrſätzen die ſcheinbare Geſtalt, Lage, Größe und Entfernung großer Gegenſtände beſtimmen gelehrt, die man durch gebrochene oder zurückgeworfene Strahlen ſieht. Newton hat dieſe Unterſuchung nirgends berührt, und Huygens nebſt Barrow haben bloß ein Paar Fälle davon, aber unvollſtändig, betrachtet. Smith's Arbeit iſt indeſſen keines Auszugs fähig, und es mag daher hinreichen, nur einige der merkwürdigſten Erſcheinungen, welche er durch ſeine Grundſätze erklärt hat, hier beyzubringen. Dabey iſt jedoch zu bemerken, daß ſein Grundſatz von der ſcheinbaren Entfernung unerwieſen von ihm angenommen iſt.

Sei

m) Hiſtoir. de l'Acad. roy. de Paris. an. 1732.

n) Lehrbegriff der Optik durch Käſtner S. 144.

Seinen Grundſätzen zu Folge muß ein gerades Objekt, wenn man es durch ein auf beyden Seiten ebenes Glas betrachtet, ein wenig hohl nach dem Auge hin ausſehen, wiewohl dies faſt unmerklich iſt, es müßte denn das Glas ſehr dick ſeyn.

Auch ſtimmt es mit dieſer Theorie überein, daß ein großes ebenes Objekt, welches man durch ein tiefes Hohlglas betrachtet, allemal gegen das Auge hohl ſcheint, und dieſes deſto mehr, je weiter das Objekt entfernt iſt und das Auge zugleich etwas von dem Glaſe abſteht.

Ein großes ebenes Objekt, welches man durch ein ſehr dickes Converglas, oder eine dicke Kugel umgekehrt erblickt, ſieht einem etwas vom Glaſe entfernten Auge convex aus, aber hohl, wenn es aufrecht ſtehend erſcheint. Die parallelen Fäden eines Mikrometers ſind ein anderes Beyſpiel, als welche immer gegen das Auge hohl, und gegen einander erhoben ſcheinen, wenn ſie ſo weit von einander geſtellt werden, daß man ſie mittelſt der durch den Rand des Glaſes kommenden Strahlen ſieht.

Aus eben dieſen Grundſätzen erklärt auch Smith einige merkwürdige Erſcheinungen beym Sehen mit beyden Augen. Insbeſondere unterſucht er den oben angeführten Verſuch mit dem Zirkel umſtändlicher, und fügt noch eine andere Art bey, wie man die Schenkel deſſelben beobachten könne.

Man ſoll nämlich den Zirkel bis auf eine gewiſſe Weite öffnen, und ihn an dem Gewinde mit ſeinen Schenkeln in eine Ebene halten, die ſo viel möglich ſenkrecht auf die Ebene durch die Sehaxen iſt, ſo daß

dabey

dabey die Spitzen in dieſer letztern liegen; die Axe des rechten Auges ſoll unverwandt nach der Spitze linker Hand und die Axe des linken Auges nach der Spitze rechter Hand gerichtet werden; alsdenn werden die beyden innern von den vorher doppelt geſehenen Schenkeln in einen einzigen zuſammenrucken, der wie ein dritter Schenkel in der Mitte zwiſchen den beyden andern erſcheinen, und unten von dem Gewinde hinauf nach dem Durchſchnitte der Sehearen hin ſich erſtrekken wird. Dieſer mittlere Schenkel wird, wenn man ihn aufmerkſam betrachtet, kleiner werden, und dem Auge näher zu kommen ſcheinen, ſo wie die wahren Schenkel allmählig von einander entfernt werden; aber größer werden und ſich entfernen, wenn man dieſe einander nähert.

Dieſelbe Erſcheinung, ſagt er, bemerkt man auch, wenn man zwey angezündete Lichter von gleicher Höhe und Dicke zwey oder drey Fuß von ſich betrachtet; nur daß das ſcheinbare Licht in der Mitte dem Auge nicht ſo nahe kömmt, als der ſcheinbare Schenkel des Zirkels es that in Abſicht auf das Verhältniß der Entfernungen der wahren Gegenſtände.

Es ſeyen aa (fig. 83.) und bb die Durchmeſſer der Lichter, d und e die Mittelpunkte der Augenöffnungen, aea und bdb zwey Lichtkegel, die ſich in f kreuzen, wo die beyden Lichter ein einziges auszumachen ſcheinen, deſſen Dicke der Breite der Strahlenkegel in f, oder ein wenig weiter darüber hin, proportionirt iſt. Werden nun die beyden Lichter allmählig von einander entfernt, ſo wird ihre ſcheinbare Entfernung in f näher zu rucken und kleiner zu werden ſcheinen, wenn man die Augen immer darauf gerichtet hält. Denn die ähnlichen und gleichen Bilder der

beyden Lichter auf ähnlich liegenden Stellen der beyden Netzhäute erregen dieſelbe Empfindung, welche zwey ſolche Bilder eines einzelnen in f befindlichen Lichts hervorbringen würden, und man verknüpft alſo damit die gewöhnliche Vorſtellung eines einzelnen Lichts.

Zieht man die Linien afe, bfd auf einem ebenen Brete, einen oder zwey Fuß lang, ſteckt in ihrem Durchſchnitte f eine Nadel aufrecht feſt, und hält die Augen nahe an den Rand des Bretes, ein wenig über den Punkten d und e, ſo wird man, indem man die Nadel ſteif anſieht, die beyden Linien fa, fb, als eine einzige aufrecht ſtehende, auf der Stelle, wo die Nadel ſteckt, oder nahe bey derſelben, erblikken. Denn in dieſem Falle können ſie nicht an zwey verſchiedenen Stellen geſehen werden, ſondern müſſen in dem gemeinſchaftlichen Durchſchnitte der beyden Ebenen erſcheinen, welche durch die Augenöffnungen und die Linien af und bf gehen.

Aus dieſen Gründen erklärt Smith noch eine Erſcheinung, die Anfangs befremdend iſt. Da er einen Maasſtab aufrecht zwiſchen ſeinen Augen, mit der breiten Seite nach der Stirne hin, etwa einen Fuß weiter von einem Hohlſpiegel hielt, als der Mittelpunkt ſeiner Krümmung lag, ſo ſah er, mit jedem Auge allein betrachtet, erhaben, mit beyden zugleich, hohl aus.

Hieraus erklärt er auch den Fall, den Barrow als etwas beſonders anführt. Wenn man ſein Geſicht in einem Hohlſpiegel, ziemlich nahe davor, betrachtet, erſt mit dem rechten Auge allein, dann mit dem linken, ſo wird das Bild einmal wie das andere mal ſich darſtellen, nur daß es in dem einen Falle mehr nach dieſer Hand, in dem andern nach jener Hand hinliegt.

Sieht

Sieht man aber ſogleich mit beyden Augen darauf, ſo werden die beyden Angeſichter ſich in ein einziges weit größeres und entfernteres Angeſicht, das mehr vertieft iſt als jenes, vereinigt zu haben ſcheinen. Desgleichen ſcheint auch eine perſpektiviſche Zeichnung, die man vor einem großen Hohlſpiegel ein wenig über deſſen Brennpunkt nach ihm zu hält, jemanden, der dicht hinter dem Blatte ſteht und darüber wegſieht, in dem Spiegel viel größer und in die Ferne laufend, folglich viel natürlicher aus, als wenn man ſie unmittelbar betrachtet.

Nachdem Bradley durch ſeine Beobachtungen die allmähliche Fortpflanzung des Lichts außer allem Zweifel geſetzt hatte, ſo hielt es Melville für wahrſcheinlich, daß die verſchieden gefärbten Strahlen mit verſchiedenen Geſchwindigkeiten von dem leuchtenden Körper ausfahren möchten, und glaubte, daß er mit dieſer Hypotheſe in manchen Stücken noch beſſer, als mit der Newton'ſchen, nach welcher ſie aus Theilchen von verſchiedener Größe und Dichtigkeit beſtehen, auskommen könne. Ihre verſchiedene Brechbarkeit, bemerkt er, bleibt bey dieſer Vorausſetzung einerley, und ihre Geſchwindigkeiten werden ſich beynahe wie die Brechungsſinus aus Luft in Glas verhalten, d. i. wenn man mit dem äußerſten Roth anfängt, und mit dem äußerſten Violet endigt, wie 78000, 77873, 77797, 77663, 77496, 77330, 77220, 77000, wenn der Einfallsſinus 120120 iſt.

Den Einwurf, daß die verſchiedenen Empfindungen, welche in der Seele entſtehen, nicht von der verſchiedenen Stärke der Lichtſtrahlen entſtehen können, weil die Farben gleichartiger Strahlen bey dem Durch-

gange

gange durch verſchiedene Mittel nicht geändert werden, wiewohl ihre Geſchwindigkeit dadurch immer entweder vergrößert oder verringert wird, dieſen Einwurf beantwortet er ſo, daß er ſagt, jeder Strahl, der zuletzt durch die Feuchtigkeiten des Auges gehen müſſe, um das Sehen zu bewerkſtelligen, falle auf die Netzhaut mit einer beſtimmten Geſchwindigkeit, wie viele Brechungen er auch vorher erlitten haben möge, weil die Geſchwindigkeit jedes Strahls in jedem Mittel zu der Geſchwindigkeit deſſelben in jedem andern in einem unveränderlichen Verhältniſſe ſteht.

Auch ſchlug er ein Mittel vor, ſeine Vorausſetzung durch Erfahrung zu prüfen. Denn da nach derſelben die Zeit, welche die äußerſten violetten Strahlen auf einem gegebenen Wege brauchen, ſich zu der Zeit, welche die äußerſten rothen brauchen, ſich wie 78 zu 77 verhält: ſo müßte das letzte violette Licht, welches ein Trabant vor ſeinem gänzlichen Eintritte in den Schatten Jupiters zurückſendet, 32 Sekunden ſpäter als das zu eben der Zeit zurückgeworfene rothe Licht ins Auge kommen; ſo wie im Gegentheil bey dem Austritte Roth den Anfang und Weiß den Beſchluß machen müßte. Da der Unterſchied der Zeit mehr als eine halbe Minute beträgt, ſo müßte derſelbe ſich beobachten laſſen.

Der Marquis von Courtivron hatte in einer 1752 herausgegebenen Schrift dieſelbe Meynung vorgetragen, und dieſelbe Probe zu ihrer Beſtätigung angegeben; allein anſtatt daß Melville die Geſchwindigkeit des rothen Lichts nur um $\frac{1}{77}$ größer ſeyn läßt, als diejenige des violetten, ſo ſetzt der Marquis, einem Lehrſatze zu Folge, welchen Clairaut in ſeiner

Unter=

Unterſuchung über die krumme Linie, welche ein Lichtſtrahl durch die anziehende Kraft nach einem jeden beliebigen Geſetze beſchreibt o), bewieſen hatte, das Verhältniß dieſer Geſchwindigkeiten wie 45 zu 44 an. Weil aber, wie Clairaut meldet, Short aus ſeinen Wahrnehmungen ſchloß, daß die Erſcheinungen nicht einmal mit der Melvilliſchen Hypotheſe übereinſtimmen, ſo kann die des Marquis noch weniger ſtatt finden.

Ueberdem macht Michell, wie Prieſtley anführt, die Bemerkung, daß, wenn die Verſchiedenheit der Farben von der verſchiedenen Geſchwindigkeit der Lichtſtrahlen herrührte, die Abirrung eines Sterns, in ſo fern man ihn durch die violetten Strahlen ſieht, um $\frac{1}{77}$ größer ſeyn müßte, als durch die rothen Strahlen, nämlich nach Melvilles Hypotheſe, oder um $\frac{1}{45}$ nach Courtivron; folglich müßte ein Stern in dem Pole der Eklip:ik, deſſen mittlere Abirrung etwa 20″ beträgt, wie das länglichte Farbenbild durch ein Prisma erſcheinen, und in der Länge $\frac{20''}{77}$ oder 17‴ nach der erſten Vorausſetzung, oder $\frac{20''}{45}$ oder 27‴ nach der andern halten. Dieſe Länge würde durch ziemlich große Fernröhre ſchon ſichtbar ſeyn; allein man hat dergleichen nicht bemerkt.

Auch Clairaut p) unterſucht in einer Abhandlung von den Dollond'ſchen Verbeſſerungen der Fernröhre die Hypotheſe, daß die Verſchiedenheit der Brechbarkeit von der Verſchiedenheit der Geſchwindigkeit der Lichtſtrahlen herrühre, findet aber, daß die Brechungen, wie ſie nach dieſem Grundſatze ſich ereignen müß-

o) Mémoir. de l'Acad. de Paris. 1738.

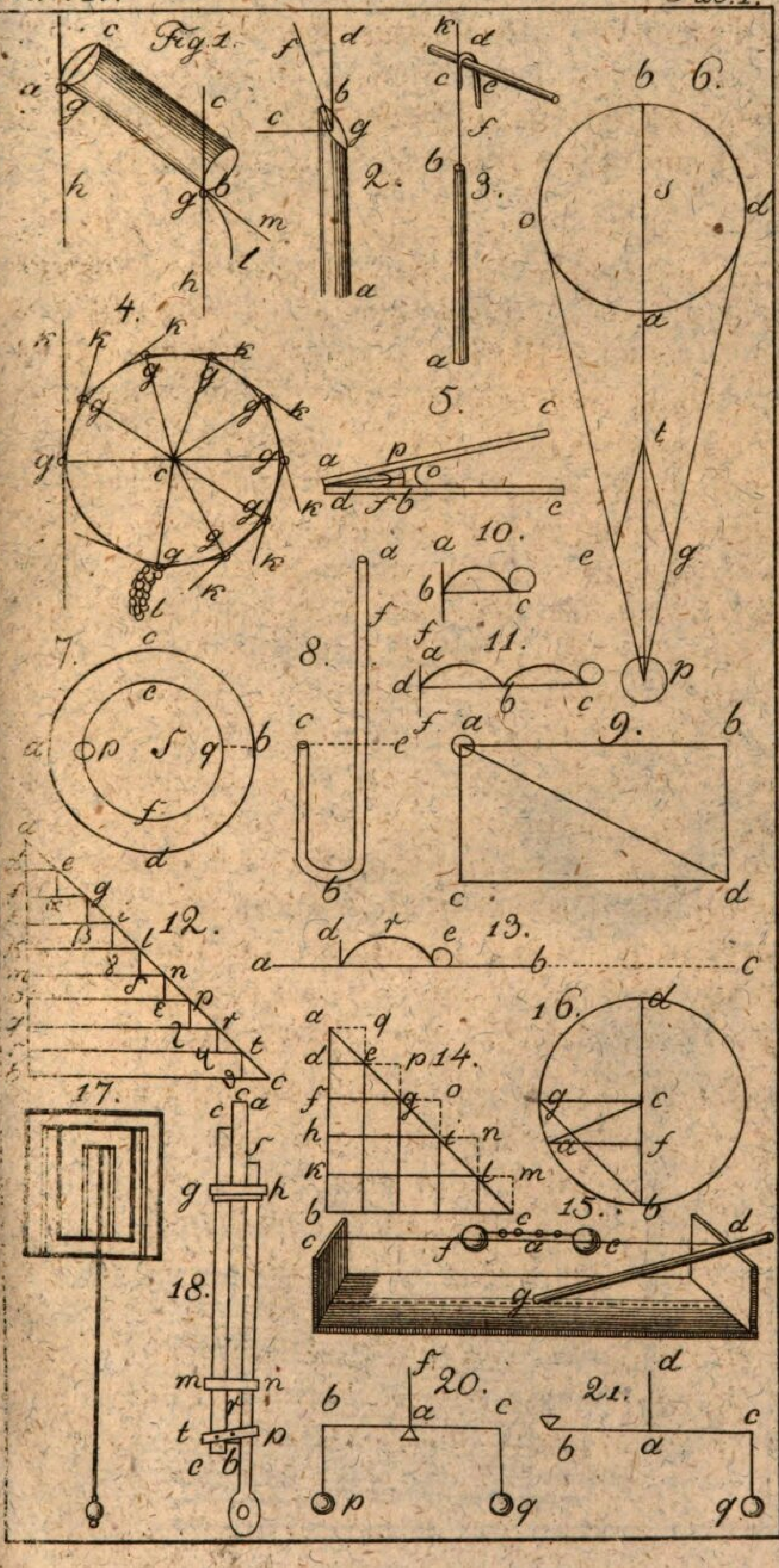
p) Hiſtoire de l'Acad. de Paris. 1756.

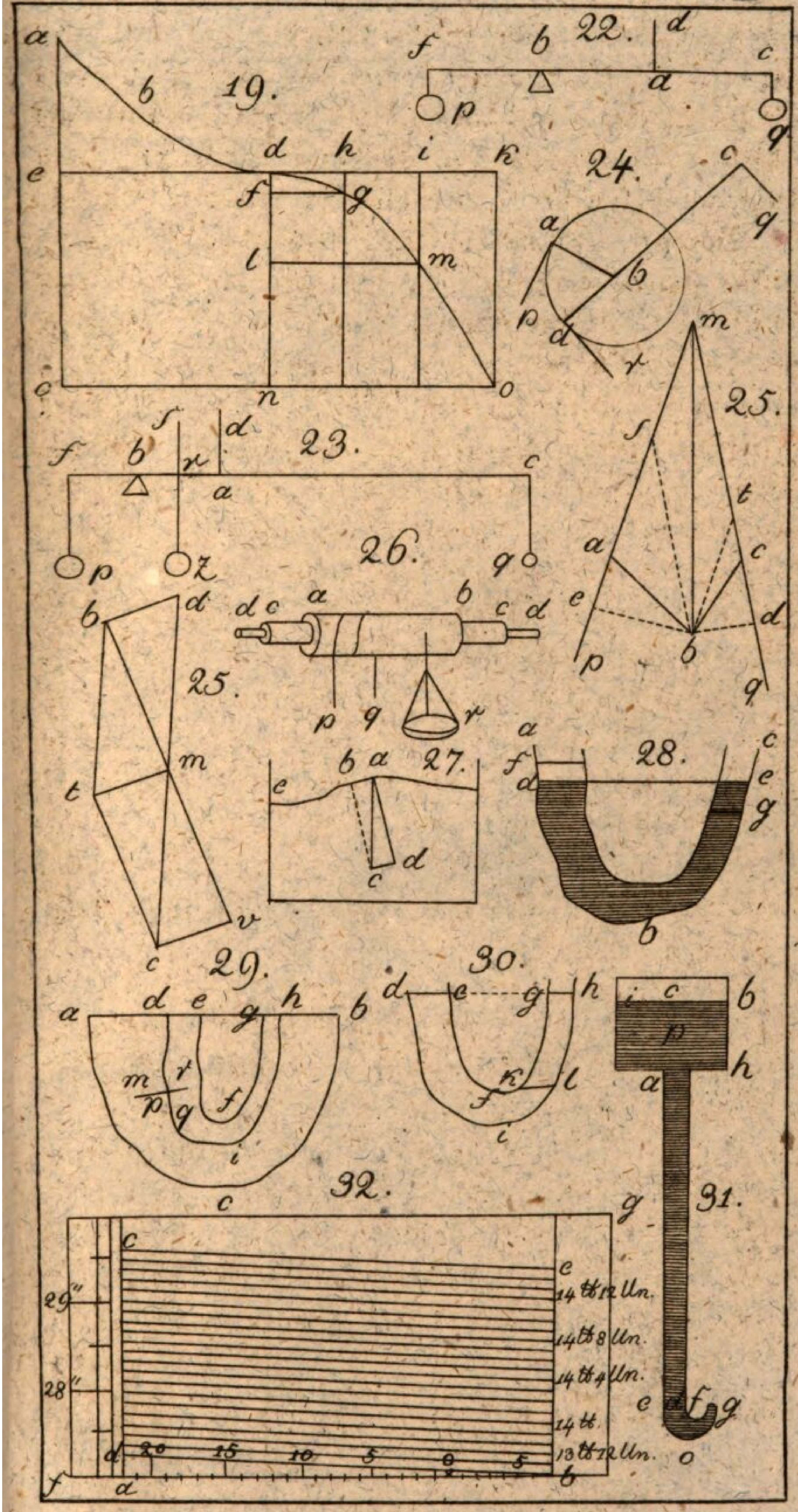
müßten, von den wirklichen, wie man ſie in der Natur findet, ſehr abgehen würden.

Muſſchenbroek q) ſchließt daraus, daß die rothen Strahlen weniger brechbar als die andern ſind, daß ſie nach ihrer Abſonderung von dieſen ſich langſamer bewegen, wiewohl er aus aſtronomiſchen Beobachtungen zuzugeben gezwungen iſt, daß ſie mit andern Strahlen vermiſcht gleich geſchwind mit ihnen fortgehen. Uebrigens glaubt er nicht, daß die Farbe nicht von der Geſchwindigkeit der Strahlen abhange, aus dem Grunde, weil bey ihrem Durchgange durch ein neues Mittel, da die Geſchwindigkeit ſich ändert, auch ihre Farbe ſich ändern müßte.

Es iſt aber zu bemerken, daß aus Dollonds angeführten Verſuchen erhellet, daß die verſchiedene Brechbarkeit der Strahlen von Eigenſchaften abhängt, die mit der Geſchwindigkeit derſelben nichts zu thun haben, weil das Verhältniß der Brechbarkeit nach Beſchaffenheit der Körper, auf welche das Licht fällt, verſchieden iſt.

q) Introduct. ad philoſ. natur. Vol. II. p. 725.




19.
22.
24.
25.
23.
26.
25.
27.
28.
29.
30.
31.
32.
29"
28"
20
15
10
5
0
5
14 ℔ 12 Un.
14 ℔ 8 Un.
14 ℔ 4 Un.
14 ℔.
13 ℔ 12 Un.

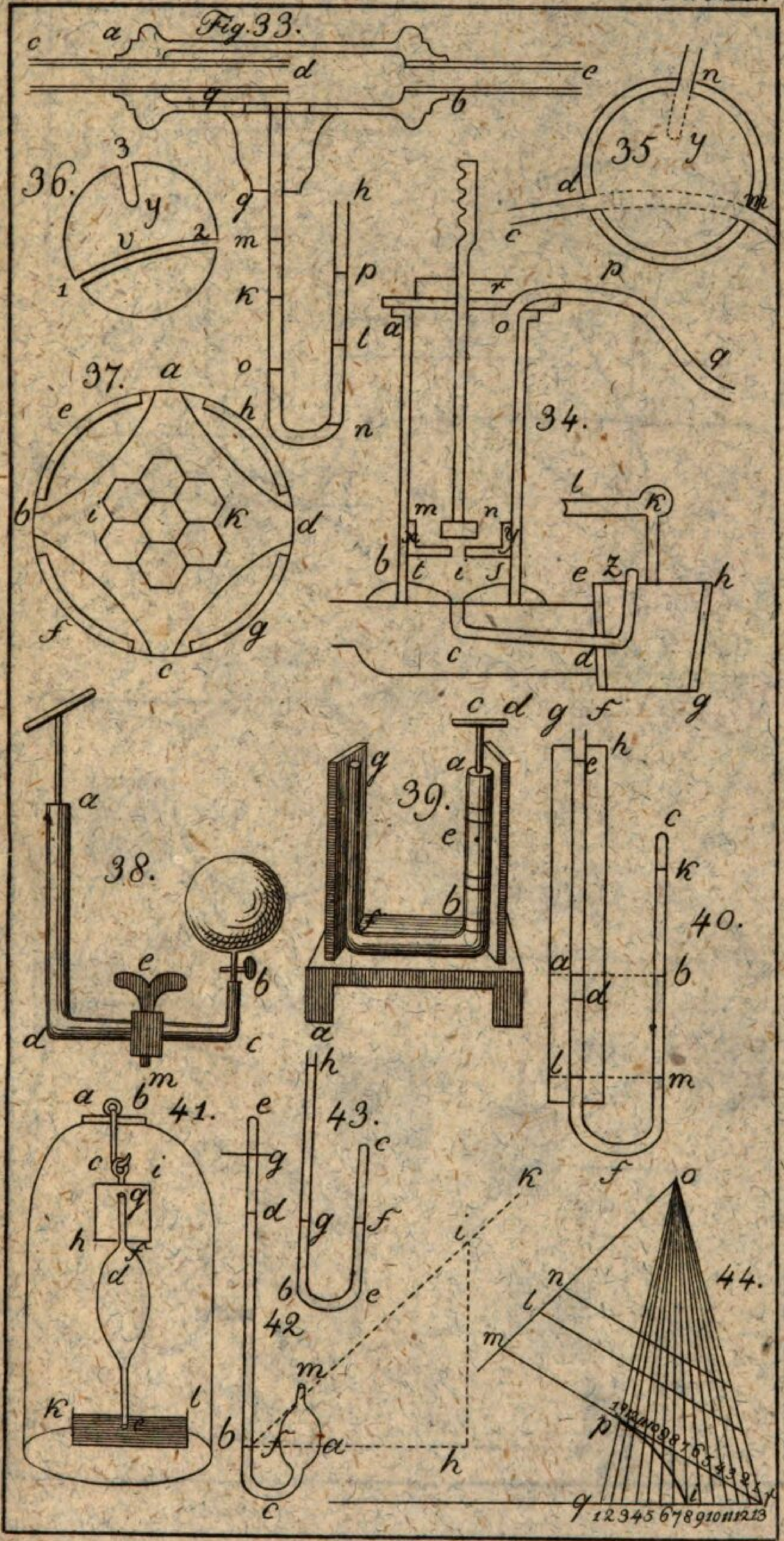
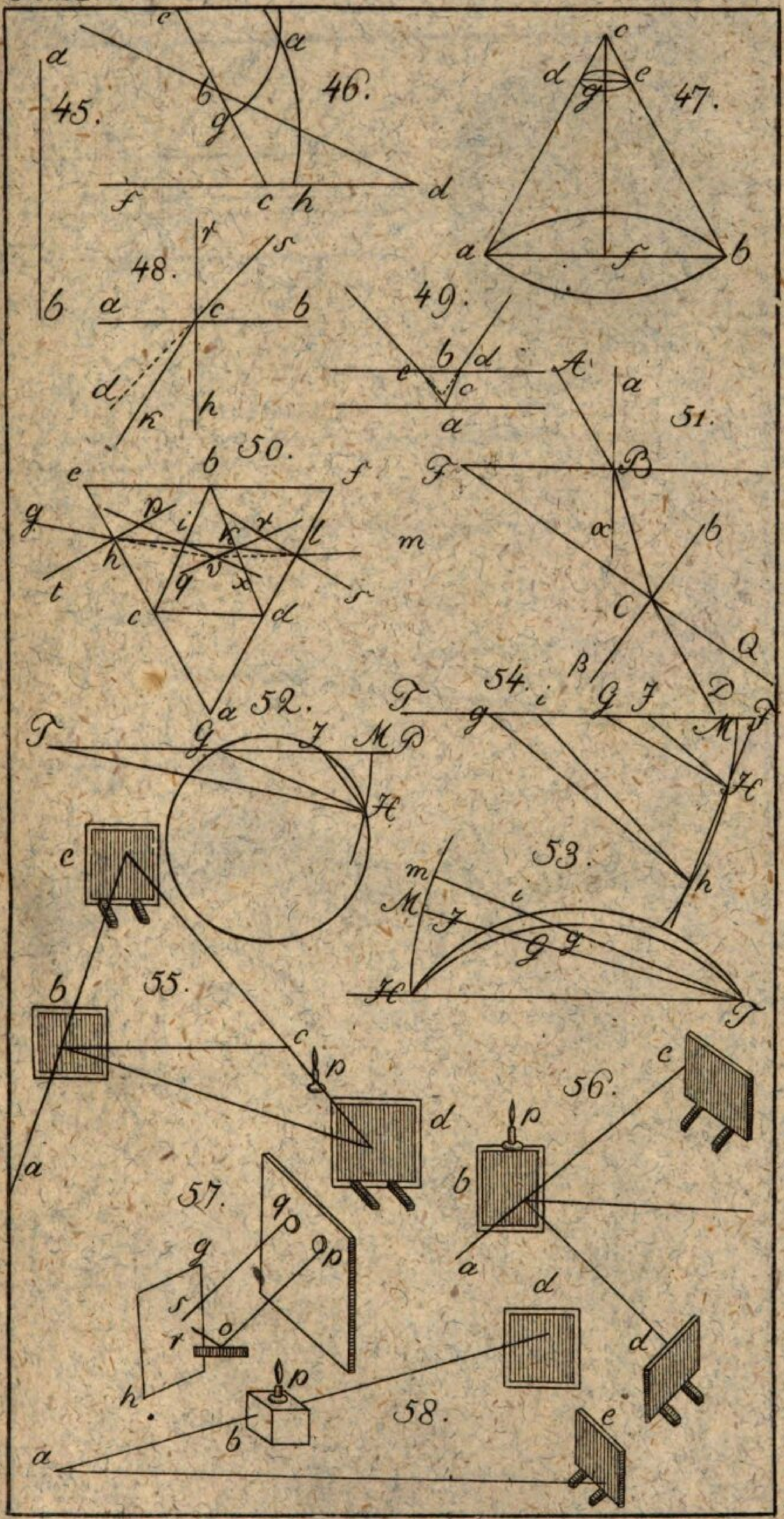
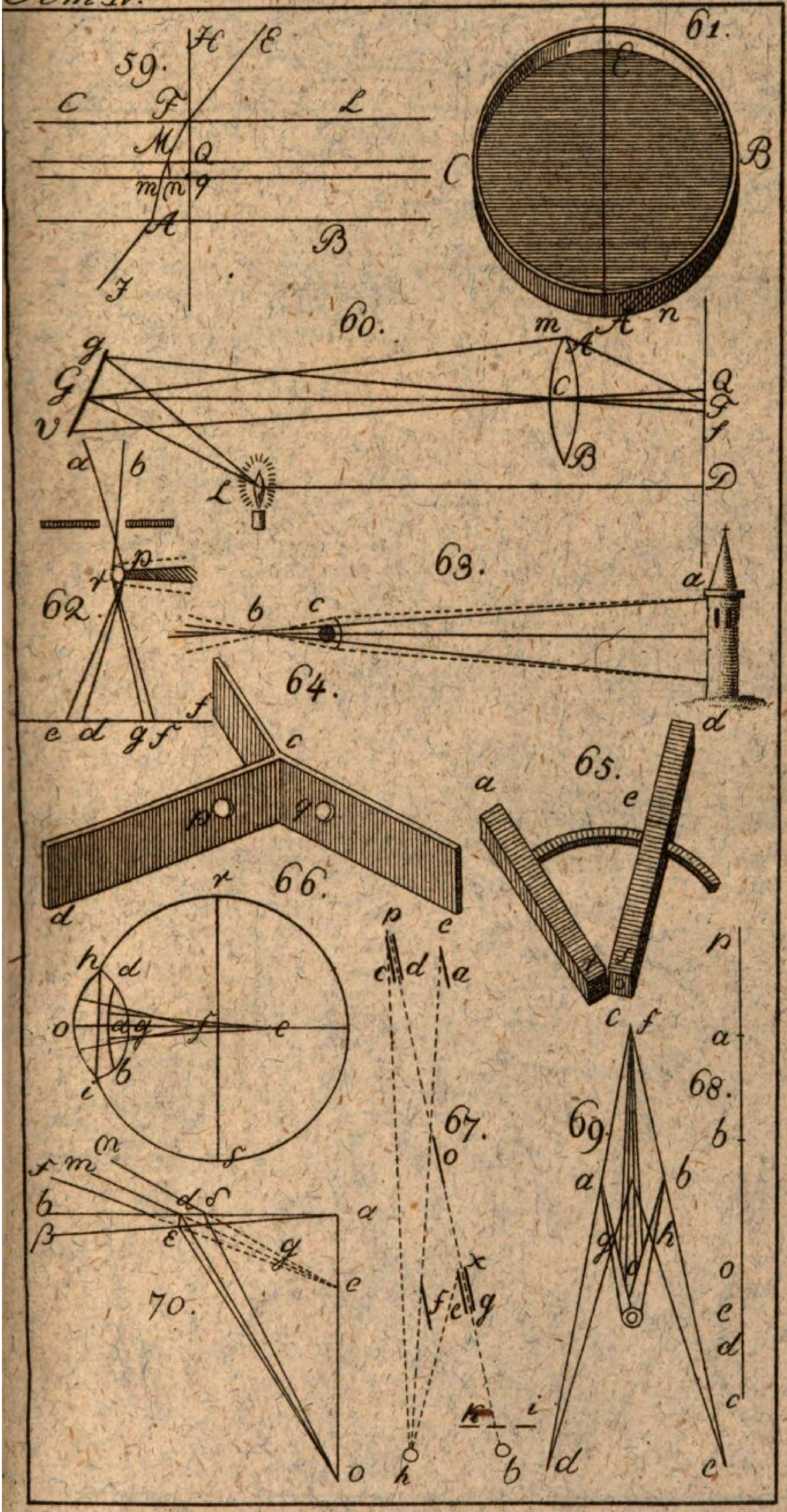
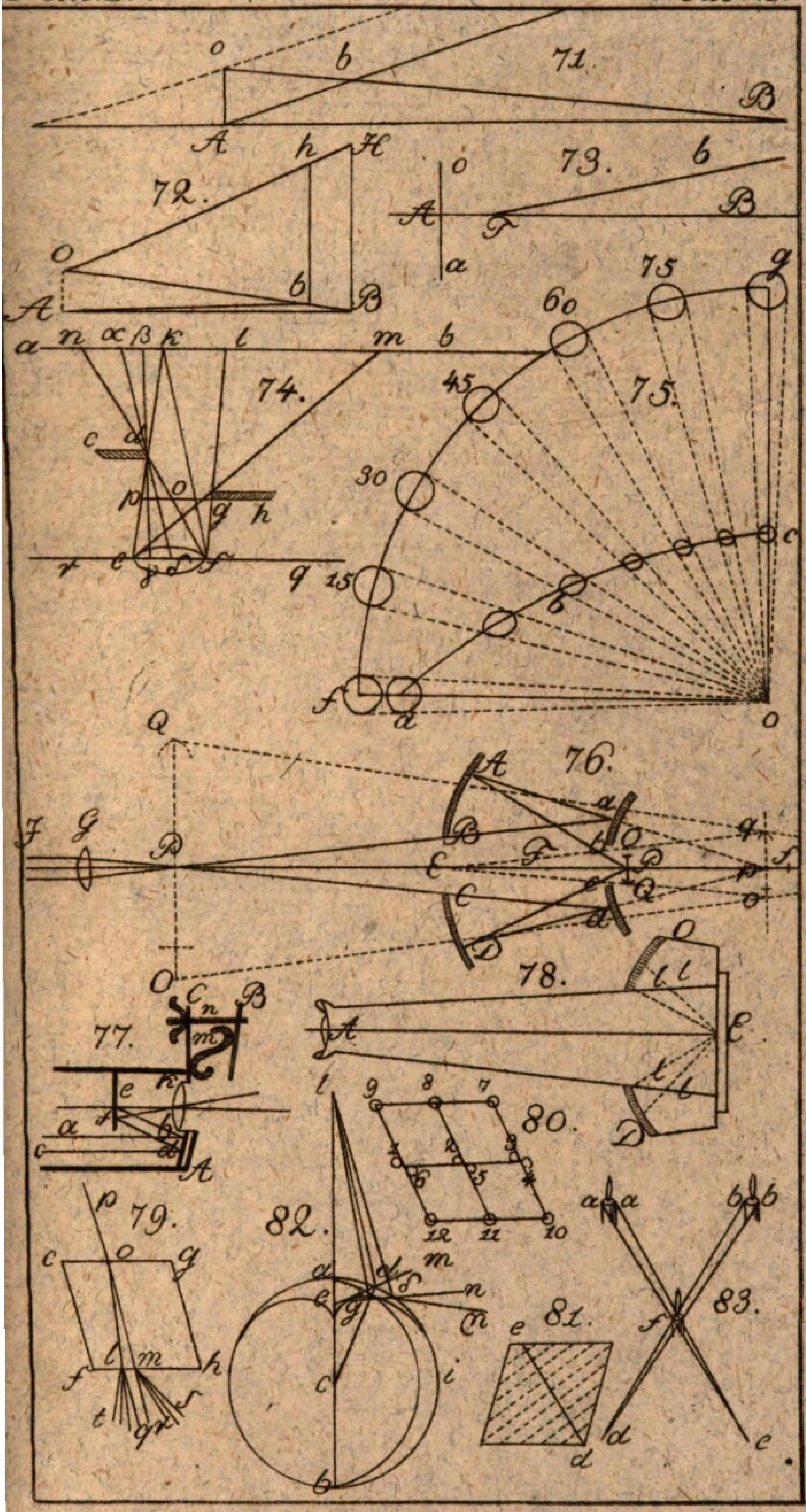


Fig. 33.
34.
35
36.
37.
38.
39.
40.
41.
42
43.
44.


45.
46.
47.
48.
49.
50.
51.
52.
53.
54.
55.
56.
57.
58.


59.
60.
61.
62.
63.
64.
65.
66.
67.
68.
69.
70.


71.
72.
73.
74.
75.
76.
77.
78.
79.
80.
81.
82.
83.

Bayerische
Staatsbibliothek
München